

# Materiaalitehokkuuden parantamisen ja jätteiden vähentämisen ympäristöinnovaatioiden tarpeet

**Tuomas Mattila, Tuuli Myllymaa, Jyri Seppälä ja Ilmo Mäenpää**





# Materiaalitehokkuuden parantamisen ja jätteiden vähentämisen ympäristöinnovaatioiden tarpeet

**Tuomas Mattila, Tuuli Myllymaa, Jyri Seppälä ja Ilmo Mäenpää**

Helsinki 2011

YMPÄRISTÖMINISTERIÖ



YMPÄRISTÖMINISTERIÖ  
MILJÖMINISTERIET  
MINISTRY OF THE ENVIRONMENT

## YMPÄRISTÖMINISTERIÖN RAPORTTEJA 3 | 2011

Ympäristöministeriö  
Ympäristönsuojeluosasto

Taitto: Ainoliisa Miettinen  
Kansikuva: Anssi Kärnä

Julkaisu on saatavana vain internetistä:  
[www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > Ympäristöministeriö  
> Julkaisut > Ympäristöministeriön raportteja -sarja

Helsinki 2011

ISBN 978-952-11-3837-9 (PDF)  
ISSN 1796-170X (verkkokj.)

## ESIPUHE

Uhkaava ilmastonmuutos ja kilpailu luonnonvaroista edellyttävät uudenlaisia ratkaisumalleja etenkin vauraiden ja kehittyvien maiden materiaalien käytössä. Pienemmillä luonnonvarapanoksilla ja jätteillä saavutettu palvelu tai tuote vähentää pääsääntöisesti sekä ympäristövaikutuksia että kustannuksia, eli tuotteen ja palvelun ekotehokkuus paranee.

Kansantalouden tasolla materiaalitehokkuuden kasvattaminen merkitsee sitä, että Suomi käyttää vähemmän luonnonvaroja valmistaessaan saman määrän tai enemmän tavaroita ja palveluita kuin aikaisemmin. Tämä on mahdollista uusien teknologioiden ja toimintatapojen kautta vähentämällä luonnonvarojen käyttöä, pienentämällä materiaalivirtojen hylkyä, jätemäärää sekä korvaamalla raaka-aineita jätteillä.

Suomen kansantaloudelle tehtiin vuonna 2009 ensimmäinen kattava ympäristölaajennettu panos-tuotosmalli (ENVIMAT) Ympäristöklusterin rahoituksella. Malli antaa uudenlaisen mahdollisuuden analysoida kansantalouden materiaalivirtoja, jätteiden syntyä sekä hyötykäyttöä. Tätä varten ympäristöministeriön johdolla toiminut ympäristöinnovaatiopaneeli päätti teettää ENVIMAT-mallin pohjalta uudenlaisen selvityksen, jossa tarkasteltaisiin, missä toimialoissa ja tuoteryhmissä on merkittävää ekotehokkuuspotentiaalia ja mihin innovaatioiden edistämistoimet tulisi suunnata materiaalitehokkuuden ja jätteiden hyödyntämisen näkökulmasta.

Raportin ovat laatineet tutkija Tuomas Mattila, tutkimusinsinööri Tuuli Myllymaa ja professori Jyri Seppälä Suomen ympäristökeskuksesta sekä professori Ilmo Mäenpää Oulun yliopistosta. Työtä ovat ohjanneet ja tukeneet ylitarkastaja Merja Saarnilehto ja ympäristöneuvos Antero Honkasalo ympäristöministeriöstä.

Tutkimuksen yhteydessä toteutettuun kyselyyn osallistuivat Kai Linden ja Hanna-Leena Heikkilä Bolinden Oy:stä, Helena Kivi-Koskinen Rautaruukki Oy:stä, Tiina Vuoristo Metsäteollisuus ry:stä, Pekka Vuorinen Rakennusteollisuus RT ry:stä, Pia Rämä Infra ry:stä, Ilkka Nieminen Päivittäistavarakauppa ry:stä, Marja Ola Teknisen kaupan ja palveluiden yhdistys ry:stä, Jouni Torssonen Yara Suomi Oy:stä, Sami Nikander Kemianteollisuus ry:stä sekä Anna Vainikainen Elintarviketeollisuus ry:stä.



## SISÄLLYS

<b>Esipuhe</b> .....	3
<b>1 Johdanto</b> .....	7
<b>2 Suomen talouden materiaalikulutus</b> .....	9
2.1 Suomen korkean materiaalikulutuksen aiheuttavat toiminnot .....	9
2.2 Tuotannon materiaalikulutuksen polut Suomen kansantaloudessa .....	13
<b>3 Jätevirtojen nykytila</b> .....	19
3.1 Jätteiden synty ja trendit .....	19
3.2 Jätteiden hyötykäyttö .....	22
3.3 Merkittävien jätevirtojen ja toimialojen poiminta .....	24
3.4 Jättemateriaalien hyödyntämisen tehostamismahdollisuudet .....	28
<b>4 Mahdollisuuksia jätejalanjäljen pienentämiseen avaintoimialoilla</b> .....	29
4.1 Elintarviketeollisuus .....	30
4.2 Peruskemikaalien ja lannoitteiden valmistus .....	32
4.3 Kauppa .....	33
4.4 Rakentaminen .....	35
4.5 Massan, paperin ja kartongin valmistus .....	36
4.6 Metalliteollisuus .....	37
<b>5 Materiaalitehokkuuden mahdollisuudet ilmasto- ja jätepolitiikan edistäjänä</b> .....	39
5.1 Jättemääriltään suurimpien sektoreiden ilmastovaikutukset .....	39
5.2 Materiaalitehokkuuden parantaminen eri toimialoilla: vaikutukset elinkaariin kasvihuonekaasupäästöihin ja jättemääriin .....	40
5.3 Uusiutuvaksi energiaksi käytettävät jätevirrat .....	43
5.4 Ilmastoa kuormittavia raaka-aineita korvaavat jätevirrat .....	44
<b>6 Innovaatioiden tärkeimmät kohdentamisalueet</b> .....	45
Kirjallisuus .....	50
Liite 1. Keskeisimmät eri jätelajeita aiheuttavat toimialat .....	51
Liite 2. Jätteiden hyödyntämistavat jätelajeittain (15 jätettä) ja toimialoittain (150 toimialaa) .....	57
Kuvailulehti .....	59
Presentationsblad .....	60
Documentation page .....	61





# 1 Johdanto

Uhkaava ilmastonmuutos ja kilpailu luonnonvaroista edellyttävät uudenlaisia ratkaisumalleja etenkin vauraiden ja kehittyvien maiden materiaalien käytössä. Pienemmällä luonnonvarapanoksilla ja jätteillä saavutettu palvelu tai tuote vähentää pääsääntöisesti sekä ympäristövaikutuksia että kustannuksia, eli tuotteen ja palvelun ekotehokkuus paranee.

Kansantalouden tasolla materiaalitehokkuuden kasvattaminen merkitsee sitä, että Suomi käyttää vähemmän luonnonvaroja valmistaessaan saman määrän tai enemmän tavaroita ja palveluita kuin aikaisemmin. Tämä on mahdollista uusien teknologioiden ja toimintatapojen kautta vähentämällä luonnonvarojen käyttöä, pienentämällä materiaalivirtojen hylkyä, jätemäärää sekä korvaamalla raaka-aineita jätteillä. Kansainvälisesti esimerkiksi Japani ja Kiina ovat nostaneet kierrätystalouden (circular economy, recycling society) tulevaisuuden strategiaksi luonnonvarojen käytön tehostamiseen (Yuan ym., 2006; Hashimoto, 2009). Maiden tavoitteena on turvata talouden kasvu maailmassa, jossa luonnonvaroista on enenevässä määrin pulaa, vähentämällä haaskuuta ja lisäämällä kierrätystä.

Tulevaisuudessa ympäristöpolitiikkaa tulisi pystyä soveltamaan Suomessa siten, että se tukee uudenlaisten materiaalitehokkuutta tukevien keinojen ja toimintatapojen syntymistä. Jotta ympäristöpolitiikan keinoja voitaisiin tehokkaasti käyttää innovaatioiden synnyttämiseen, tarvitaan kokonaiskuva eri toimialojen ja tuoteryhmien materiaalitehokkuustilanteesta ja jätteiden hyötykäytöstä.

Suomen kansantaloudelle tehtiin vuonna 2009 ensimmäinen kattava ympäristölaajennettu panos-tuotosmalli (ENVIMAT) (Seppälä ym., 2009) Ympäristöklusterin rahoituksella. Malli antaa uudenlaisen mahdollisuuden analysoida kansantalouden materiaalivirtoja, jätteiden syntyä sekä hyötykäyttöä. Tätä varten Suomen ympäristöinnovaatiopaneeli päätti teettää ENVIMAT-mallin pohjalta uudenlaisen selvityksen, jossa tarkasteltaisiin, missä toimialoissa ja tuoteryhmissä on merkittävää ekotehokkuuspotentiaali ja mihin innovaatioiden edistämistoimet tulisi suunnata materiaalitehokkuuden ja jätteiden hyödyntämisen näkökulmasta. Tätä varten työlle asetettiin tavoitteeksi saada tietoa seuraaviin kysymyksiin:

1. Mitkä taloudelliset toiminnot aiheuttavat Suomen korkean materiaalinkulutuksen ja mitä tuotannon polkuja pitkin?
2. Millainen on jätteiden hyötykäytön nykytilanne koko maan tasolla ja toimialoittain? Paljonko hyödyntämiskelpoista jätettä menetetään kaatopaikoille ja hävittävään polttoon?
3. Millaisia ovat keskeisten toimialojen ja tuoteryhmien teknis-taloudelliset parantamispotentiaalit materiaalitehokkuuden ja jätteiden hyödyntämisen näkökulmasta?
4. Missä toimialoissa ja tuoteryhmässä voidaan saada materiaalitehokkuutta edistämällä yhtä aikaa ilmastopoliittista ja jättepoliittista hyötyä?
5. Mitkä kohteet olisivat sellaisia, että niissä uusien innovaatioiden luominen olisi erityisen tärkeää?

Tämä raportti esittelee selvityksen tuloksia edellisten kysymysten avulla. Tutkimuskysymyksiin 1–5 löytyvät vastaukset luvuista 2–6. Kussakin luvussa on käsitelty tulosten lisäksi niiden tuottamiseen tarvittut menetelmät ja aineistot.

## 2 Suomen talouden materiaalinkulutus

### 2.1

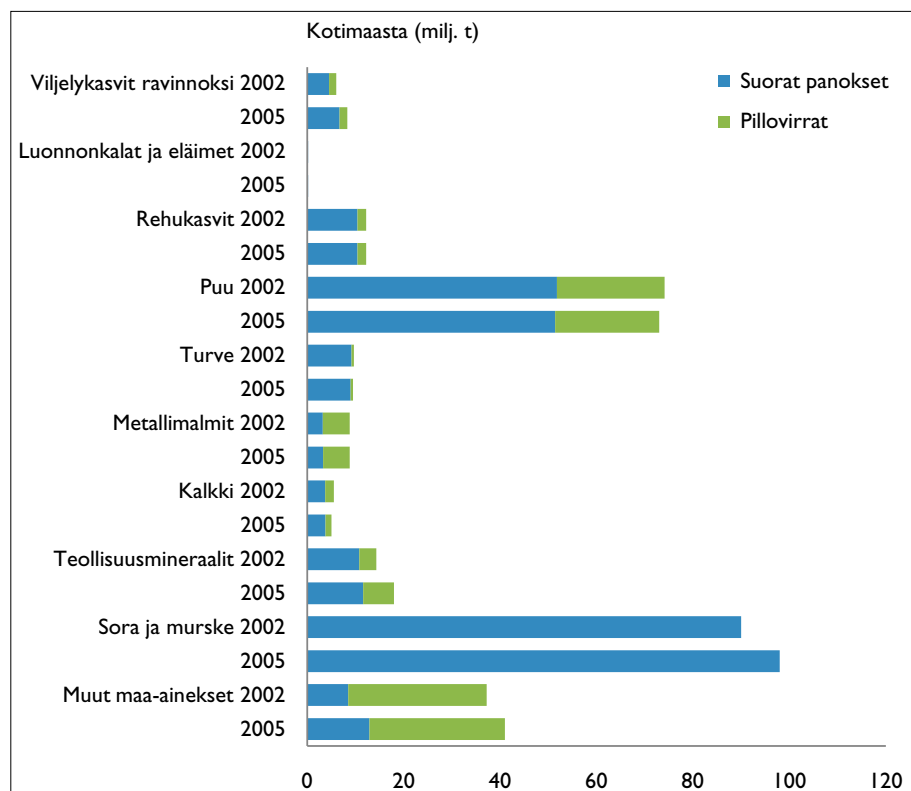
#### **Suomen korkean materiaalikulutuksen aiheuttavat toiminnot**

ENVIMAT-mallin perusteella Suomi käytti vuonna 2005 massamääräisesti suunnilleen yhtä paljon luonnonvaroja ulkomailta kuin kotimaasta (Seppälä ym., 2009). Laskelmassa olivat mukana taloudellisesti hyödynnettyjen luonnonvarojen (DMI, *direct material input*) lisäksi hankinnassa syntyneet *piilovirrat* (esimerkiksi maansiirrot ja hakkuutähteet). Hieman yli puolet tästä Suomen kansantalouden luonnonvarojen kokonaiskäytöstä (*total material requirement*, TMR) palveli vientiä. Suurimmat virrat syntyivät kotimaassa rakennusmineraaleista (34 %) ja ulkomailla metalliteollisuuden malmeista (22 %) (kuvat 1–2). Piilovirtojen vuoksi ulkomailta tuotu materiaalinkäyttö on ilmoitettu tuotekohtaisesti eikä raaka-aineittain, kuten kotimaassa. Piilovirtojen osuus on huomattava ulkomailta tuotujen raaka-aineiden yhteydessä. Maan rajojen sisäpuolelle tuodaan vain murto-osa tuotteiden valmistuksessa tarvituista luonnonvaroista.

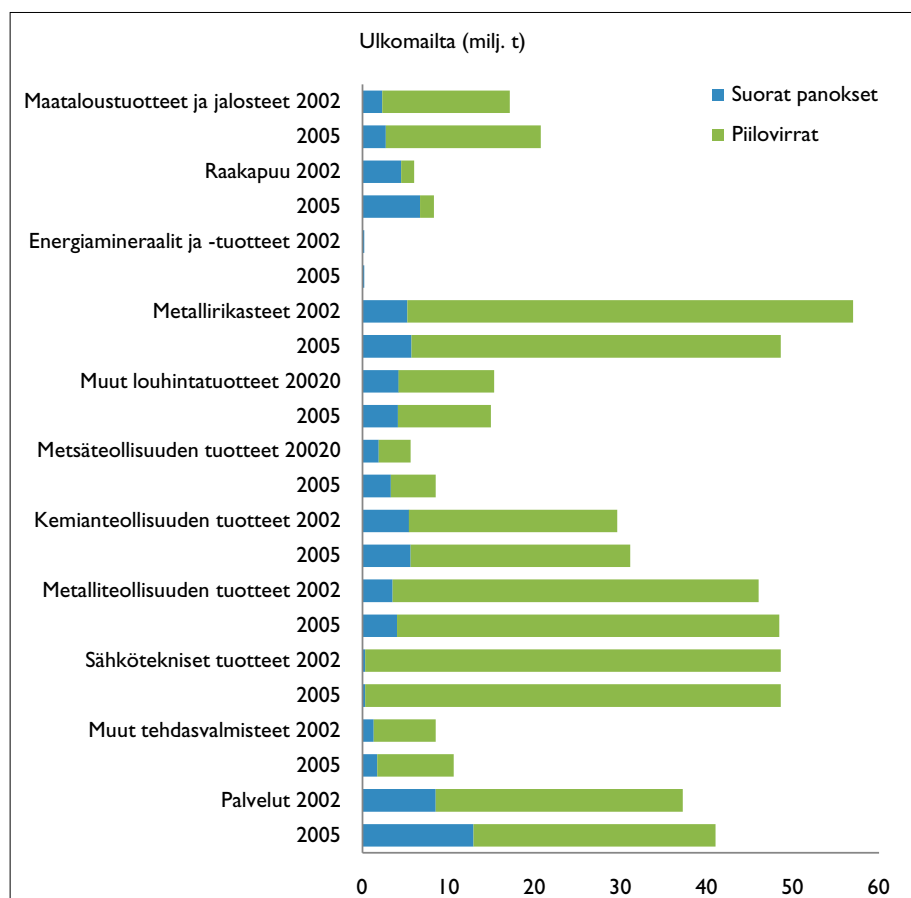
ENVIMAT-mallin kansantalouden materiaaliavirrat voidaan esittää 150 toimialan tarkkuudella siten, että toimialojen materiaalikulutukset syntyvät sekä kotimaan toiminnoista että tuonnista. Toimialan materiaalikulutus esitetään sen valmistamien lopputuotteiden elinkaariaikaisten materiaalikulutusten kautta. Kukin toimiala valmistaa lopputuotteita, jotka palvelevat suoraan kotimaan kysyntää tai vientiä. Näihin lopputuotteisiin on laskettu välituotekäytön kautta muiden toimialojen välilliset vaikutukset ja oman toimialan välittömät vaikutukset mukaan, jolloin niihin liittyvät materiaalikulutukset vastaavat tuotteiden elinkaarisia vaikutuksia.

Toimialoille jaettu materiaalinkäyttö (kuvat 3–4) osoitti, että metsä-, metalli-, kemianteollisuus- ja sähköteknisen teollisuutemme tuotteet menivät yli 90 % vientiin. Niihin sisältyvät materiaaliavirrat palvelivat siis ulkomailla tapahtuvaa kulutusta, eivätkä olleet seurausta suomalaisesta kulutustasosta. Sen sijaan kotimaan loppukäyttöä (kulutusta ja investointeja) palvelevista toiminnoista maa- ja vesirakentaminen ja talonrakentaminen olivat selvästi merkittävimmät materiaalikulutusta aiheuttavat toimialat. Niiden yhteenlaskettu osuus Suomen loppukäytön suorista materiaaliapanoksista (DMI) oli noin 58 % vuonna 2002 ja 2005. Tuonnin osuus maa- ja vesirakentamisen materiaalikulutuksessa oli alle prosentin ja talonrakentamisessa se oli noin 5 %. Vastaavasti rakentamisen osuus luonnonvarojen kokonaiskäytöstä oli 45 %.

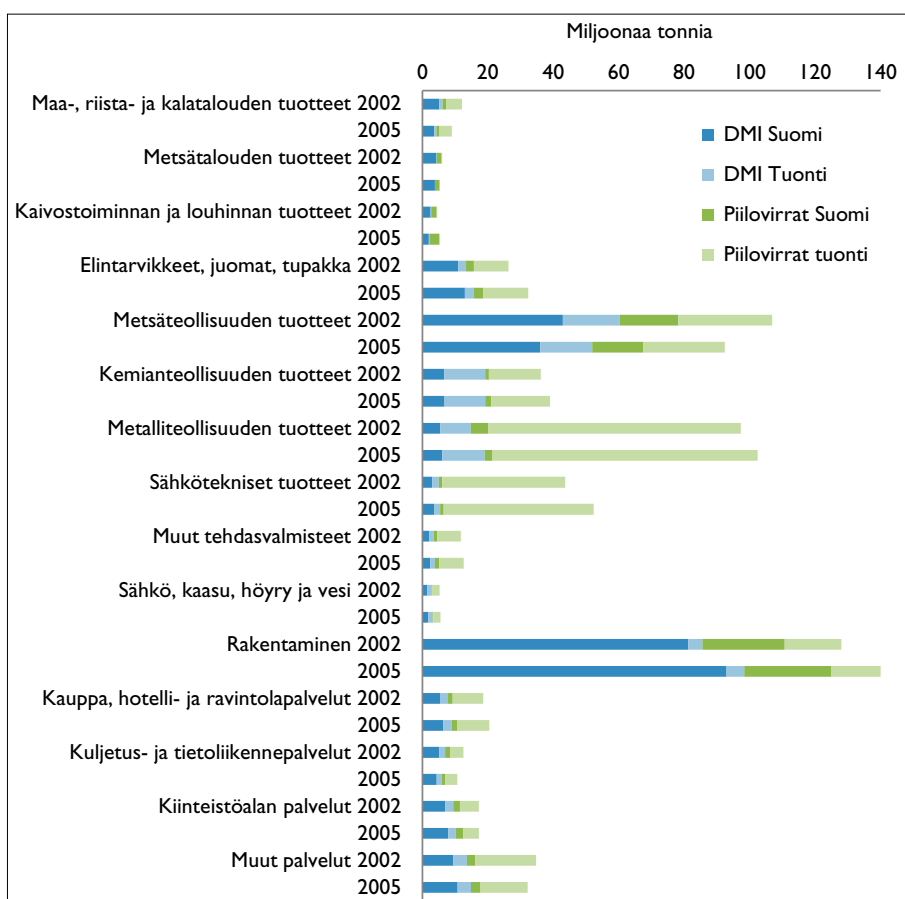
Vuoden 2002 ENVIMAT-aineistosta on mahdollista eritellä toimialoittain käytetyt suorat panokset luonnonvaroittain. Maa- ja vesirakentamisen käyttämistä luonnonvaroista 78 % oli soraa ja kiveä vuonna 2002. Jäte- ja sivutuotemateriaaleja hyödynnettiin 14 % koko käytöstä. Siinäkin selvästi suurin erä (78 %) oli maa- kiviainesjätteitä (kuva 5). Vastaavasti talonrakentamisessa sora ja kivi näyttelivät suurinta osuutta suorissa materiaaliapanoksissa (kuva 6).



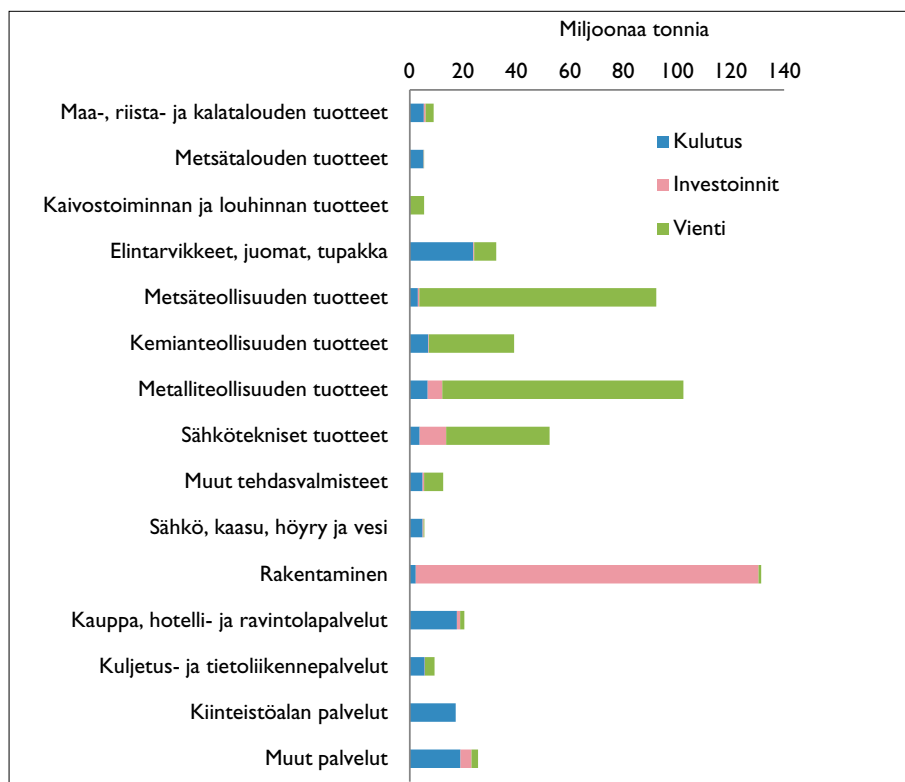
Kuva 1. Suomen kansantalouden luonnonvarojen käyttö kotimaasta vuonna 2002 ja 2005 (Seppälä ym., 2009).



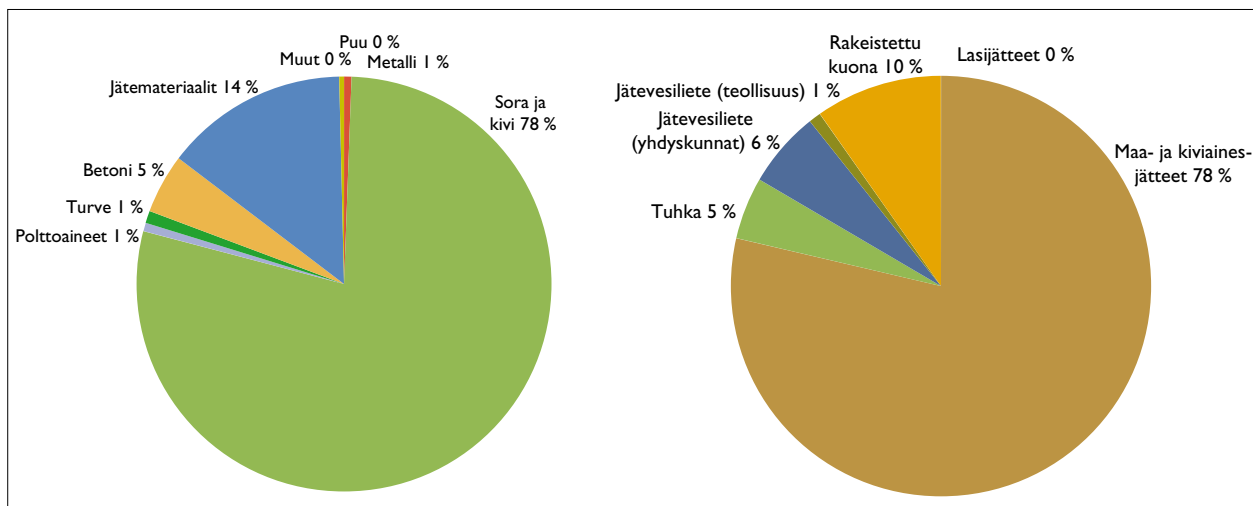
Kuva 2. Suomen kansantalouden tuontituotteisiin sitoutuneet luonnonvarat vuonna 2002 ja 2005 (Seppälä ym., 2009).



Kuva 3. Suomen kokonaismateriaalinkäyttö (total material requirement, TMR) toimialoittain jaettuna ulkomaan ja kotimaan suoraan osuuteen sekä piilovirtoihin vuonna 2002 ja 2005 (Seppälä ym., 2009).

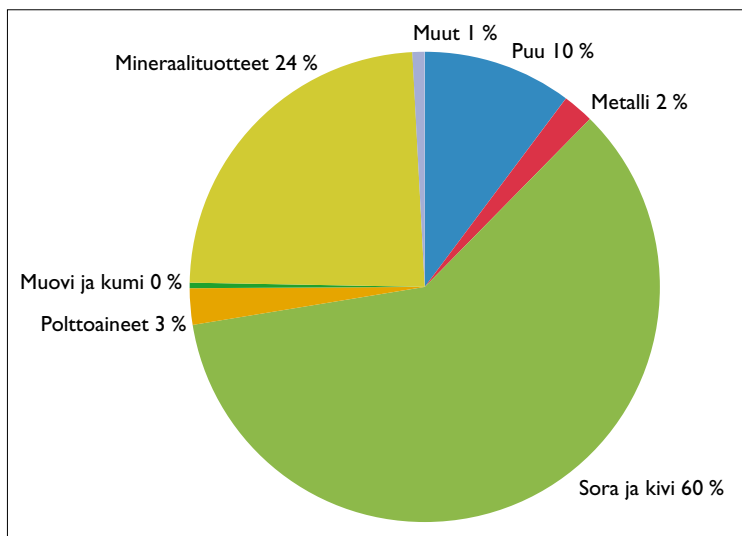


Kuva 4. Suomen kokonaismateriaalinkäyttö toimialoittain kohdistettuna kotimaan kulutukseen ja investointeihin, sekä vientiin vuonna 2002 ja 2005 (Seppälä ym., 2009).

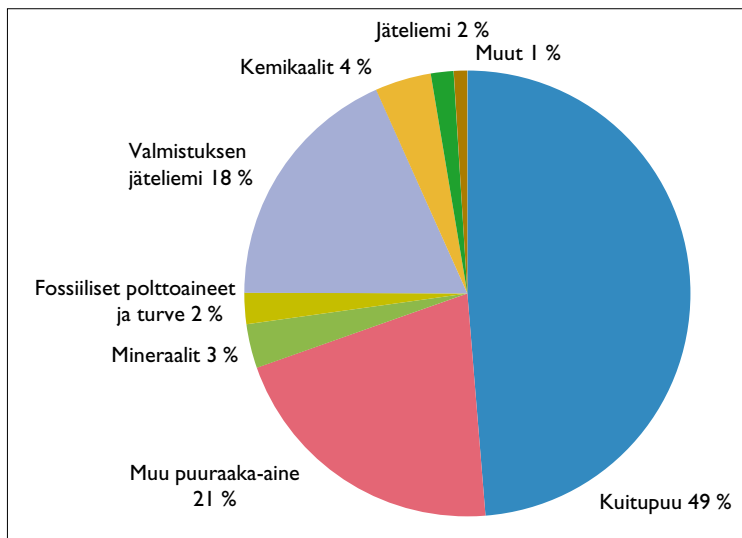


Kuva 5. Maa- ja vesirakentamisen luonnonvarojen käyttö 2002. Vasemmalla kokonaiskäyttö (69,8 miljoonaa tonnia) ja oikealla jättemateriaalien tarkempi erittely (ENVIMAT, 2009).

Suomen suorista materiaaalipanoksista lähes 30 % oli puuta (kuva 1). Merkittävä osa tästä puuvirrasta käytettiin energiaksi kemiallisessa metsäteollisuudessa. Massa- ja paperiteollisuus olikin maa- ja vesirakentamisen kanssa suurimpia luonnonvarojen käyttäjiä. Vuonna 2002 määrä oli 67,2 miljoonaa tonnia (kuva 7). Kun huomioidaan myös mekaanisen metsäteollisuuden suorat materiaaalipanokset (23,1 miljoonaa tonnia vuonna 2002), metsäteollisuus oli suorien panosten käyttäjänä samaa suuruusluokkaa rakentamisen kanssa.



Kuva 6. Talonrakentamisen luonnonvarojen käyttö 2002 (22,7 miljoonaa tonnia) (ENVIMAT, 2009).



Kuva 7. Massa- ja paperiteollisuuden suorat materiaaalipanokset (67,2 miljoonaa tonnia) vuonna 2002 (ENVIMAT, 2009).

## Tuotannon materiaalikulutuksen polut Suomen kansantaloudessa

Edellisten tarkastelujen perusteella metsäteollisuus ja rakentaminen aiheuttivat suurimman osan materiaalikulutuksesta, kun koko niiden hankintaketju otettiin huomioon. Tulokset pohjautuivat ENVIMAT-mallinnuksen yhteydessä tehtyihin panos-tuotos laskelmiin. Tulokset kuvaavat kansantaloudellista kokonaisvaikutusta, mutta niiden avulla on vaikeaa löytää keskeisiä muutoskohteita. Muutoskohteiden tunnistamiseksi jouduttiin syventämään aiempia panos-tuotos mallinnuksia analyttisin menetelmin. Panos-tuotos menetelmää käytetään monien tämän raportin tulosten johtamisessa, joten se esitellään lyhyesti tässä.

Panos-tuotos menetelmä (*input-output analysis*, IOA) on kehitetty talouden rakenteelliseen tutkimukseen, mutta sitä on yhä enenevissä määrin sovellettu teolliseen ekologiaan ja ympäristökysymyksiin (Suh, 2009). Japanilaiset tutkijat ovat soveltaneet menetelmää ansiokkaasti jätevirtojen analyysiin ja jätteiden synnyn kytkemiseksi lopputuotteiden kulutukseen (Nakamura ja Kondo, 2009). Ympäristölaajennetun panos-tuotos mallin kehikon perusteella jätteitä ja ympäristövaikutuksia syntyy, koska kulutettavia hyödykkeitä valmistetaan. Tuotteiden kysyntä, eli viime kädessä kuluttaja, ajaa talouden tuotantoa ja sitä kautta jätteiden syntyä. Panos-tuotos mallinnuksen avulla nämä tuotannon ja kulutuksen vuorovaikutukset saadaan läpinäkyvästi kuvattua kvantitatiivisella tavalla. Panos-tuotos mallin avulla kansantaloudessa syntyvien jätteiden syntyketju voidaan kuvata yhtenä yhtälönä:

$$g = B(I-A)^{-1}y \quad (1)$$

missä

$g$  = jäte- tai materiaalikulutusmäärä (kg)

$B$  = jäte- tai materiaali-intensiteetti (kg/€)

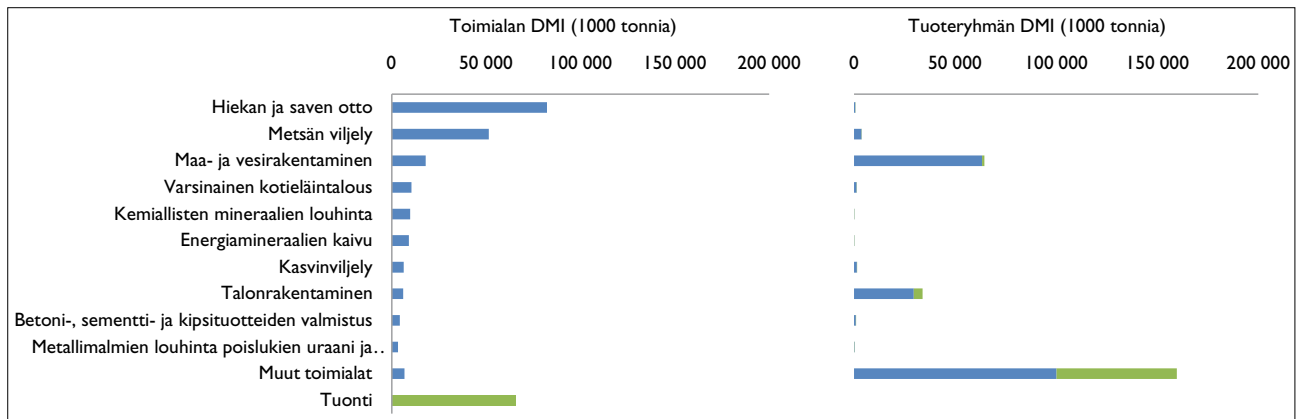
$I$  = identiteettimatriisi

$A$  = panoskerroinmatriisi (€/€)

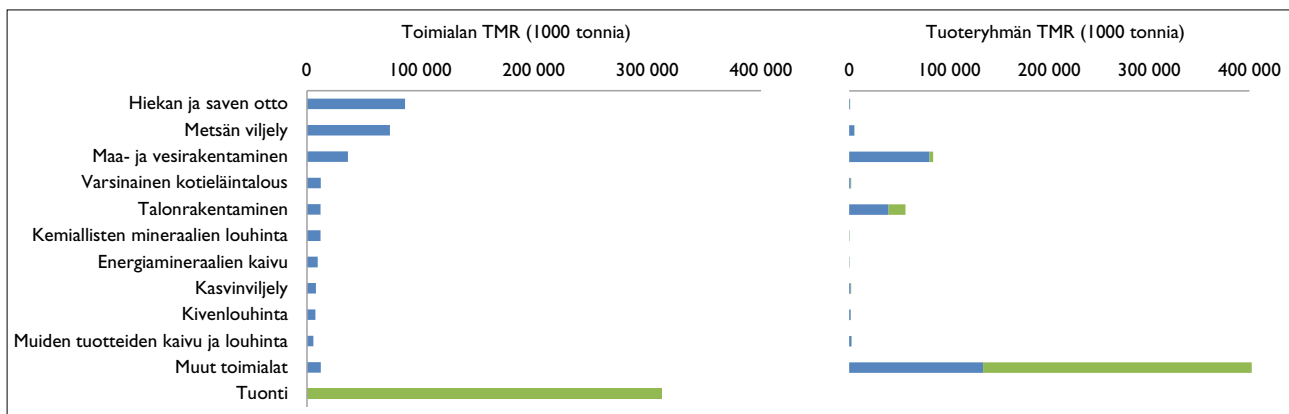
$y$  = lopputuotekysyntä (€)

Lopputuotekysyntä ja intensiteetit ilmoitetaan vektoreina, jotka sisältävät kaikki talouden tuotteet ja toimialat. Yhtälö (1) soveltuu keskeisimpien muutoskohtien tunnistamiseen. Jättemäärät voivat muuttua minkä tahansa mallin komponentin muutoksen seurauksena: jäteintensiteetin, panosten käytön tai kysynnän suuruuden. Sellaisenaan malli muistuttaa yleisesti käytössä olevaa IPAT-kehikkoa ympäristövaikutusten ymmärtämiseen: vaikutus ( $I$ , *impact*) aiheutuu väestön ( $P$ , *population*), varallisuuden ( $A$ , *affluence*) ja teknologian ( $T$ , *technology*) kautta. Lopputuotekysyntä sisältää väestön ja varallisuuden, intensiteetti ja panosten käyttömatriisi kuvaavat vallitsevaa teknologiaa. Jättemääriä ja materiaalitehokkuutta voidaan parantaa mihin tahansa mallin osaan puuttumalla. Malli ei kuitenkaan sisällä osien välisiä keskinäisriippuvuuksia, kuten tehokkuuden yhteyttä kulutukseen, mikä rajoittaa kovin laajojen muutosten arviointia.

ENVIMAT-mallin materiaalivirta-aineiston avulla voitiin seurata materiaalikulutuksen polkua materiaalintuotosta lopputuotteiden kulutukseen. Tarkastelun perusteella materiaalintuotoltaan suurimmat toimialat eivät tuottaneet lopputuotteita kulutukseen vaan välituotteita muiden toimialojen jatkojalostukseen. Esimerkiksi hiekan ja saven otto aiheutti suurimman suoran materiaalintuotannon, mutta ei näkynyt merkittävänä lopputuotetarkasteluissa (kuva 8). Sen sijaan esimerkiksi maa- ja vesirakentaminen ja talonrakentaminen eivät olleet merkittäviä suoria materiaalinkäyttäjää, mutta aiheuttivat merkittäviä välillisiä vaikutuksia. Suurin osa välillisestä materiaalinkäytöstä aiheutui tuotteiden valmistuksesta sellaisilla toimialoilla, jotka eivät ole suuria suoria materiaalinkäyttäjää ("Muut kotimaiset", kuva 8). Tulokset



Kuva 8. Suoralta materiaalinkäytöltään (DMI, *direct material input*) suurimmat toimialat ja materiaalinoton jako lopputuotteille. Vihreä osa palkkeja kuvaa ulkomailla tapahtuvaa osuutta.



Kuva 9. Kokonaismateriaalinkäytöltään (TMR, *total material requirement*) suurimmat toimialat ja materiaalinoton jakautuminen lopputuotteille. Vihreä osa palkkeja kuvaa ulkomailla tapahtuvaa osuutta.

pätivät myös kokonaismateriaalinkäytölle (TMR), vaikkakin suurimmat suorat materiaalinkäyttäjät olivat osin eri toimialoja ja tuonnin vaikutukset olivat piilovirtojen johdosta suurempia kuin DMI:llä (kuva 9).

Panos-tuotos menetelmä (yhtälö (1)) kuvaa kansantaloutta kokonaisuudessaan, eikä se mahdollista yksittäisten polkujen ja tuoteketjujen analyysiä. Teollisen ekologian, elinkaariarvioinnin ja ekotehokkuuden kannalta yksittäisten tuoteketjujen tarkastelu olisi kuitenkin äärimmäisen tärkeää, minkä vuoksi on kehitetty laskennallisia menetelmiä keskeisten tuoteketjujen nostamiseksi esiin koko kansantalouden vuorovaikutusverkostoista. Tässä sovelletaan kontribuutioanalyysiä (Heijungs ja Suh, 2002) sekä rakenteellista polkuanalyysiä (Lenzen, 2003) materiaalinkulutuksen rakenteiden selvittämiseen. Kontribuutioanalyysi kertoo, mihin lopputuotteisiin elinkaarin materiaalinkulutus lopulta päättyy, kun kaikki talouden vuorovaikutukset huomioidaan. Rakenteellinen polkuanalyysi täydentää kontribuutioanalyysiä tarkastelemalla, kuinka suuri osa materiaalinkulutuksesta voidaan selittää muutaman keskeisen vuorovaikutussuhteen kautta.

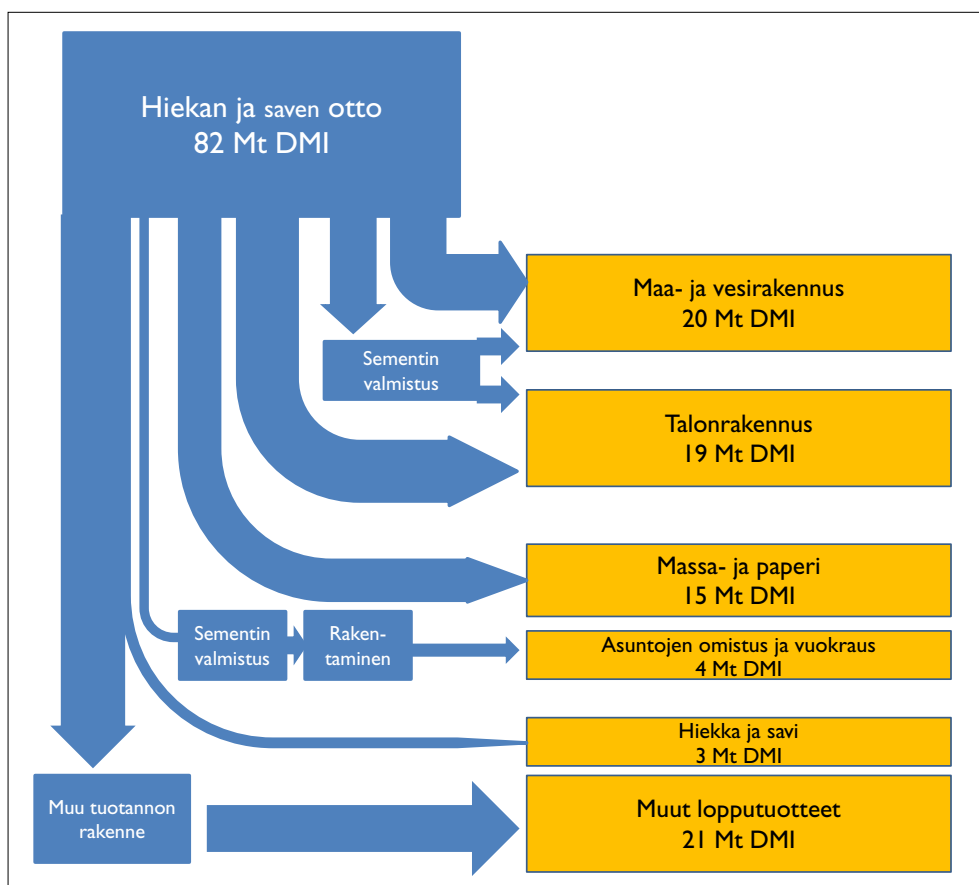
Kontribuutioanalyysin tulosten perusteella suurin osa hiekan ja saven oton materiaalinkulutuksesta johtui rakennustöiden kysynnästä (kuva 10). Seuraavaksi tärkein lopputuoteryhmä oli massa, paperi ja kartonki. Myös palvelutoimialat (asuntojen omistus ja vuokraus, kaupan palvelut, julkinen hallinto ja terveydenhuoltopalvelut) käyttivät välillisesti hiekan ja saven ottoa mm. tienpidon ja korjausrakentamisen kautta. Yhteensä palveluiden osuus hiekan ja saven oton materiaalinkäytöstä oli 14 %. Hiekan ja saven lopputuotekysyntä (eli lähinnä vienti ulkomaille) oli vastuussa vain 4 % koko toiminnasta, suurin osa oli välillistä kysyntää muiden tuotteiden jalostukseen.





Kuva 10. Hiekan ja saven materiaalinkäytön (DMI) jako käyttäville toimialoille.

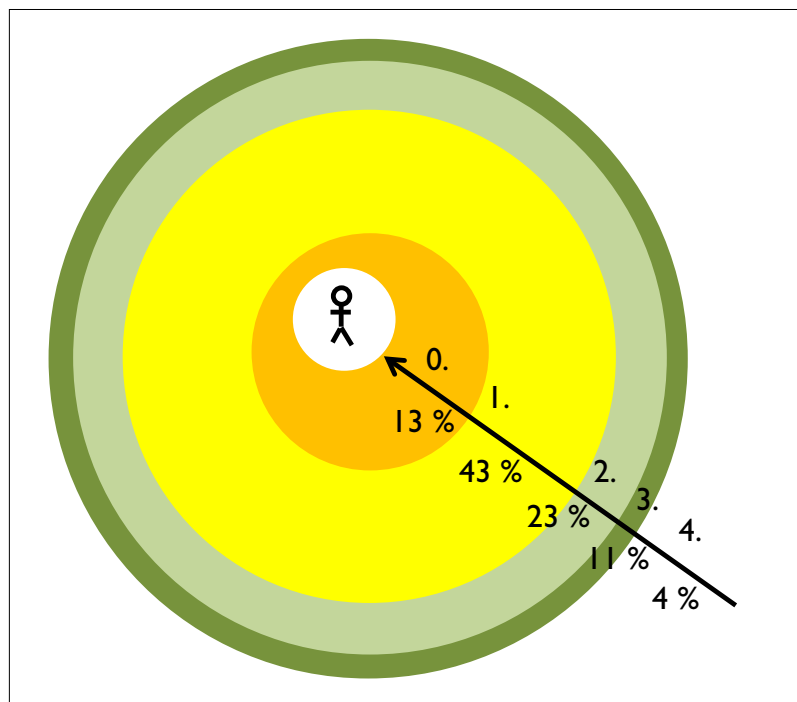
Rakenteellinen polkuanalyysi täydensi kuvaa tuomalla esiin keskeisimmät vuoro-vaikutusketjut, joita pitkin materiaalinkäyttö siirtyy raaka-aineiden hankinnasta lopputuotteiden kulutukseen (kuva 11). Esimerkiksi maa- ja vesirakentaminen ja talonrakentaminen käyttivät hiekkaa ja savea sekä suoraan että sementin valmistuksen kautta. Massa- ja paperiteollisuus käytti hiekkaa ja savea ainoastaan suoraan. Asuntojen omistus ja vuokraus käytti hiekkaa ja savea pidemmän ketjun kautta: hiekkaa ja savea käytettiin rakentamisessa tarvittavan sementin valmistukseen.



Kuva 11. Hiekan ja saven oton kannalta keskeisimmät polut raaka-aineen valmistuksesta lopputuotteiden kulutukseen Suomen kansantaloudessa vuonna 2005.

Polkuanalyysi voidaan laajentaa pelkän hiekan ja saven virtojen seurannasta kaikkiin materiaalivirtoihin. Tällöin saatiin kokonaiskuva koko kansantalouden materiaalinkäytön keskeisimmistä syy-seuraussuhteista. Yksinkertaisen kaavion piirtäminen ei kuitenkaan ollut enää mahdollista, sillä materiaalinkäyttö jakautui melko tasaisesti talouden eri osa-alueille. Tarkastelua jatkettiin kuitenkin tuotannon kerrosten avulla (kuva 12). Kerrostarkastelussa kuluttajat ovat järjestelmän keskiössä ja tuotantorakenne laajenee elinkaarivaiheittain kuluttajien ympärillä. Tulosten perusteella kulu- tukseen tehtävien lopputuotteiden viimeistely tai raaka-aineiden vienti (esimerkiksi raakapuu, vilja, hiekka) aiheutti vain noin 13 % materiaalinkäytöstä. Suurin osa materiaalinkäytöstä (43 %) aiheutui lopputuotteiden valmistuksessa tarvittavien raaka-aineiden valmistuksesta (tuotannon 1. kerros, esimerkiksi puun käyttö massan ja paperin sekä sahatuotteiden valmistukseen, hiekan otto rakentamiseen, energiaineraalien tuonti öljynjalostukseen) ja merkittävä osa aiheutui näiden raaka-aineiden valmistuksessa tarvittavien raaka-aineiden valmistuksesta (23 %, tuotannon 2. kerros, esimerkiksi hiekan otto rakennuksissa käytettävään sementtiin sekä raakapuun sahaus rakentamiseen). Noin viidennes materiaalinkäytöstä aiheutui tätä korkeampien tuotannon kerrosten ketjuista (esimerkiksi raakapuun sahaus puusepäntuotteiksi, jotka käytetään rakentamiseen). Tulosten perusteella siis suurin osa materiaalinkäytöstä tapahtui melko kaukana kuluttajista, jolloin kuluttajien on vaikeaa havaita kulutustottumuksiensa seurauksia.

Vuorovaikutussuhteiden monimutkaisuudesta huolimatta 20 keskeisintä vuorovaikutussuhdetta kattoivat yli 40 % materiaalinkäytöstä (taulukko 1). Keskeisiä vuorovaikutuksia olivat puun ja hiekan käyttö massan ja paperin valmistukseen, hiekan ja muiden maamassojen käyttö maa- ja vesirakennuksissa ja talonrakennuksissa, puun käyttö sahatavaran valmistukseen sekä energiaineraalien tuonti öljynjalostukseen.



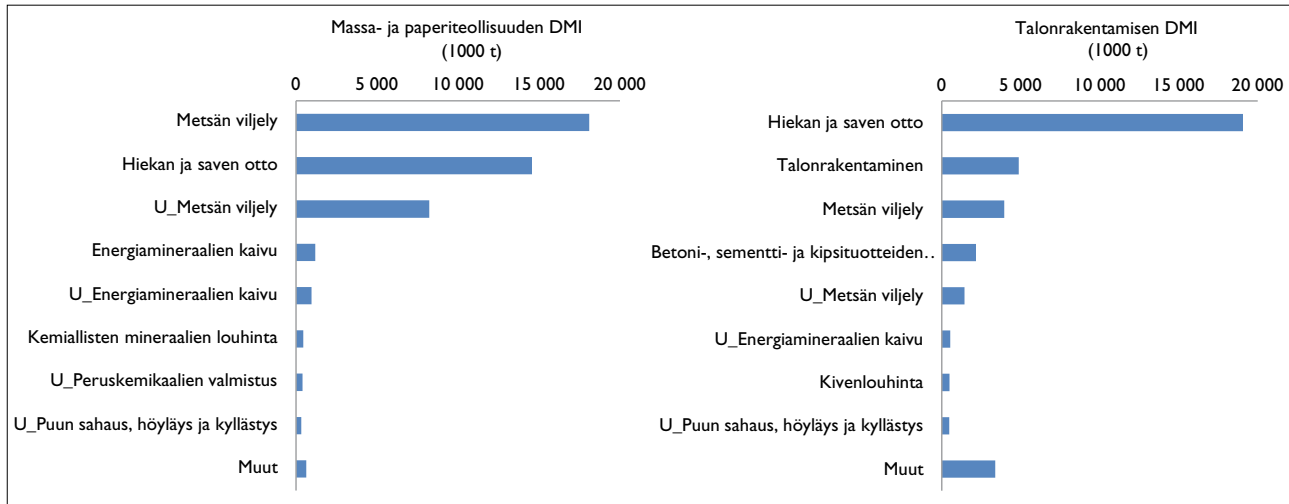
Kuva 12. Suoran materiaalinkulutuksen jakautuminen tuotannon eri kerroksiin (0.–4.). 0. kerros kuvaa lopputuotteiden valmistusta, 1. näihin tarvittavia raaka-aineita, 2. raaka-aineiden raaka-aineita ja niin edelleen. Suurin osa Suomen materiaalinkulutuksesta (43 %) aiheutuu 1. kerroksen raaka-aineiden valmistuksesta.

Taulukko 1. Materiaalinkäytön (DMI) kannalta tärkeimmät tuoteketjut Suomen kansantaloudessa vuonna 2005.

Raaka-aineen raaka-aine	Raaka-aine	Lopputuote	DMI 1000 t	Osuus Suomen kokonaismäärästä
	Metsän kasvatus	Massa ja paperi	13 838	5,09 %
	Hiekan ja saven otto	Maa- ja vesirakennus	10 839	3,99 %
		Maa- ja vesirakennus	10 639	3,92 %
	Hiekan ja saven otto	Massa ja paperi	9 225	3,40 %
	Metsän kasvatus	Puun sahaus ja kyllästys	9 131	3,36 %
	Tuontien energia- mineraalit	Öljynjalostus	9 057	3,33 %
	Hiekan ja saven otto	Talonrakennus	9 044	3,33 %
		Metsän kasvatus	7 171	2,64 %
	Tuontipuu	Massa ja paperi	6 441	2,37 %
		Talonrakennus	4 853	1,79 %
Hiekan ja saven otto	Sementin valmistus	Talonrakennus	4 577	1,68 %
	Tuontipuu	Puun sahaus ja kyllästys	3 321	1,22 %
Hiekan ja saven otto	Maa- ja vesirakennus	Maa- ja vesirakennus	2 635	0,97 %
	Maa- ja vesirakennus	Maa- ja vesirakennus	2 586	0,95 %
		Hiekan ja saven otto	2 456	0,90 %
	Tuonti metalli- mineraalit	Värimetallien valmistus	2 394	0,88 %
	Kotieläintalous	Meijerituotteiden valmistus	2 365	0,87 %
	Kemiallisten mineraalien louhinta	Lannoitteiden valmistus	2 316	0,85 %
	Metsän kasvatus	Vanerin valmistus	2 237	0,82 %
	Metsän kasvatus	Massa ja paperi	2 206	0,81 %

Polkuanalyysin perusteella massa- ja paperiteollisuus, maa- ja vesirakentaminen ja talonrakentaminen olivat keskeisimpiä toimialoja materiaalinkäytön kannalta. Kontribuutiotarkastelu toistettiin raaka-aineiden (kuva 11) lisäksi toimialoille, jolloin nähtiin, mistä toimialojen elinkaarin materiaalinkulutus koostui (kuva 13). Tulosten perusteella esimerkiksi massa- ja paperiteollisuuden materiaalinkulutus näkyi lähinnä metsänviljelyssä sekä hiekan ja saven otossa sekä puun tuontina. Toimiala käytti hiekkaa välillisesti esimerkiksi peruskemikaalien kautta, minkä vuoksi hiekan ja saven otton kokonaismäärä on suurempi kuin Taulukossa 1 näkyvä suora käyttö. Kontribuutiotarkastelun avulla voitiin havaita, että talonrakentamisen välillinen metsienkäyttö on merkittävää, vaikeivat siihen liittyvät ketjut noussetkaan yksittäisinä esiin.

Yhteenvetona toimialat voidaan jakaa kolmeen pääryhmään: suuret suorat materiaalinkäyttäjät (hiekan ja saven otto), välillisiltä vaikutuksiltaan merkittäviä lopputuotteita valmistavat (talonrakennus) sekä materiaalinkäyttöä välittävät sektorit (sementin tai lannoitteiden valmistus). Jotkin toimialat kuuluvat useaan ryhmään, kuten maanrakennus, joka tuottaa palveluja sekä kulutukseen että muille toimialoille. Jätteen synnyn ehkäisyn ja koko kansantalouden tason materiaalihokkuuden parantamisen keinot ovat erilaisia näille kolmelle ryhmälle. Suurien suorien materiaalinkäyttäjien kohdalla on tärkeää parantaa resurssien hankinnan hyötysuhdetta esimerkiksi sivukiveä ja hakkuutähteitä tuotteiksi jalostamalla, eli jätteiden syntyä vähentämällä. Materiaalinkulutukseltaan suurien lopputuotteiden osalta kulutuk-



Kuva 13. Massa- ja paperiteollisuuden ja talonrakentamisen lopputuotteiden materiaalinkäyttö (DMI) esitettynä aiheuttaneiden toimialojen mukaan.

sen rakenteen muutokset vaikuttavat tehokkaimmin koko materiaalitehokkuuteen. Välittävien toimialojen kohdalla suurimmat hyödyt saavutetaan panosten käyttöä tehostamalla, kohdentaen tehostaminen ennen kaikkea elinkaarisesti kuormittaviin panoksiin. Seuraavissa luvuissa tuotetaan taustatietoa näistä kolmesta ryhmästä: luvussa kolme kuvataan jätteiden syntyä ja suoraan hyödyntämistä materiaalivirta-analyysin keinoin, luvussa neljä esitellään jätejalanjälki menetelmäksi kuluttajavalistukseen sekä tuoteketjukohtaiseen materiaalihäviöiden tarkasteluun ja luvussa viisi tarkastellaan panosten käytön materiaalitehokkuuden potentiaalia ilmastonmuutoksen ja jätteiden synnyn hillitsemiseen.

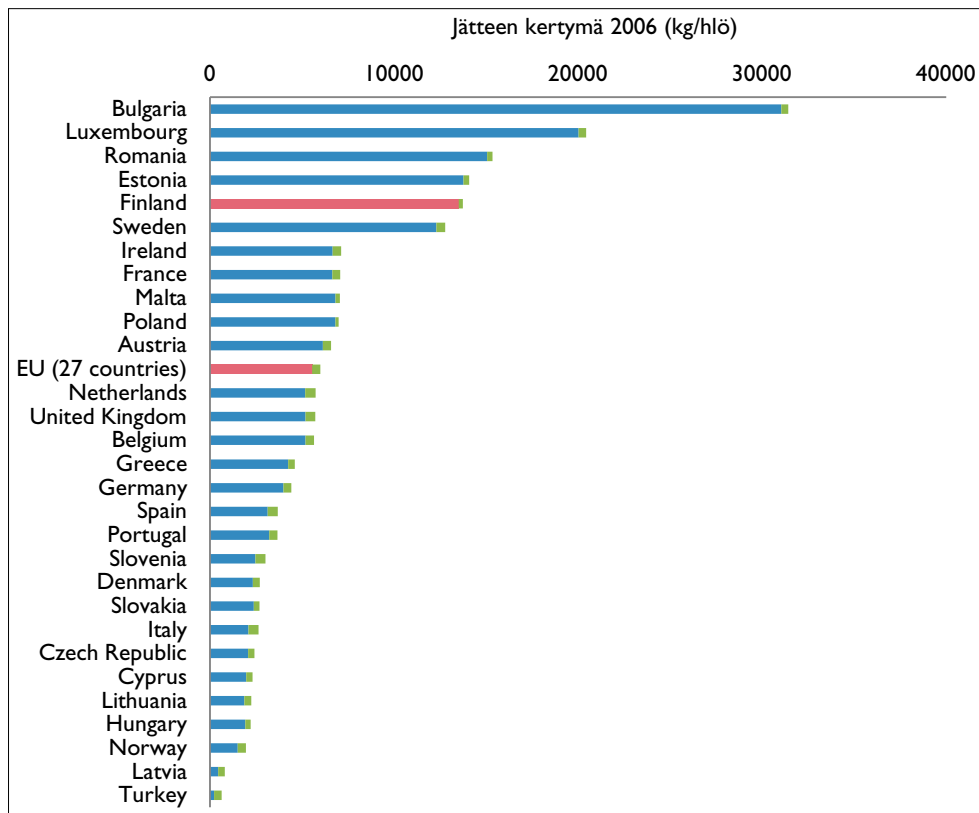
## 3 Jätevirtojen nykytila

### 3.1

### Jätteiden synty ja trendit

Suomen jätteen kertymä oli vuonna 2006 henkilöä kohden mitattuna Euroopan unionin viidenneksi korkein (13,7 tonnia/henkilö) ja kaksinkertainen verrattuna EU:n keskiarvoon (5,9 tonnia/henkilö) (kuva 14). Kotitalousjätteen osalta suhdeluku oli kuitenkin päinvastainen: Suomen kotitalousjätteen tuotanto oli henkeä kohden noin puolet Euroopan keskimääräisestä (227 kg/hlö vs. 437 kg/hlö). Suomen osalta kotitalousjätteen osuus oli 1,6 % koko jätteen kertymästä, kun keskimäärin EU:ssa se oli 7 % ja joissain maissa, kuten Latviassa jopa 46 % tilastoidusta määrästä (Eurostat, 2010).

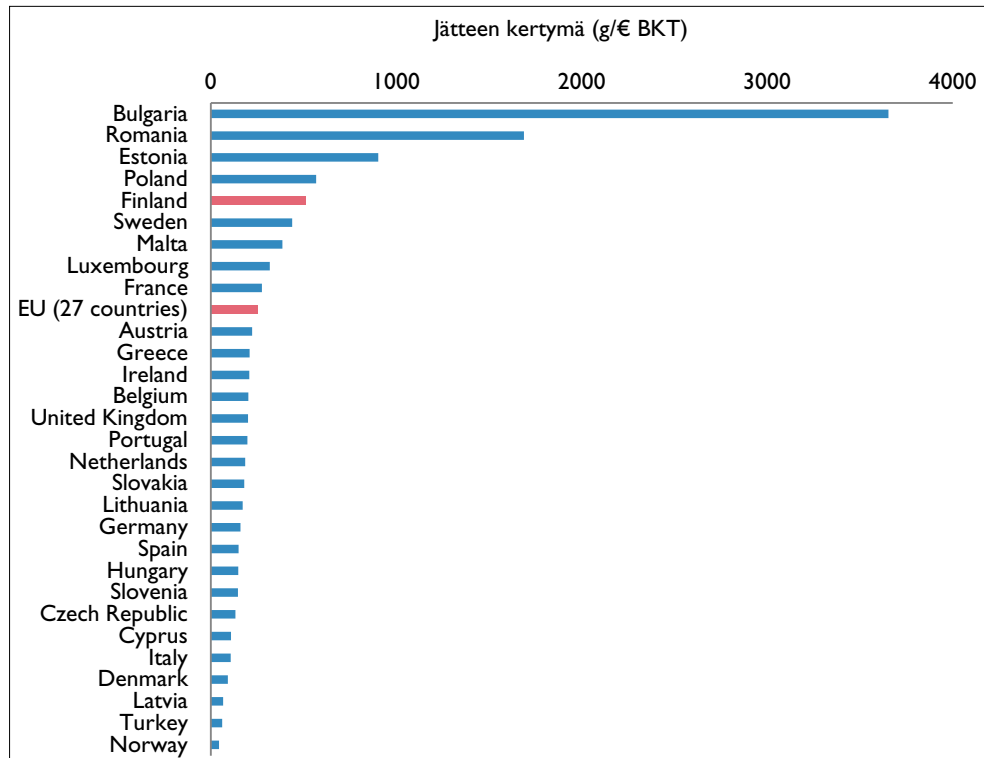
Koska kotitalousjätteen osuus on pieni, syitä jätteen suurelle kertymälle Suomessa samoin kuin keinoja jätemäärien hillitsemiseen on etsittävä tuotannon rakenteesta. Suomessa oli myös bruttokansantuotteeseen nähden huomattavan korkea jätteen



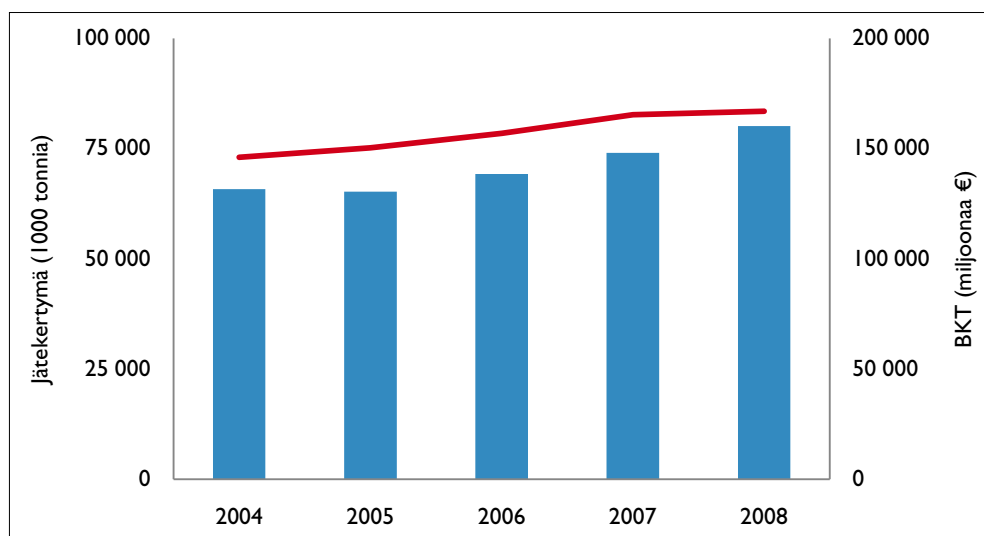
Kuva 14. EU-maiden jätteen kertymä henkeä kohden ilmoitettuna vuonna 2006. Vihreä osa kuva kotitalousjätteen osuutta (Tiedot: Eurostat, 2010).

kertymismäärä (kuva 15), mikä kuvaa osin tuotannon rakenteen materiaali-intensiivisyyttä. Jättemäärät ovat myös kasvaneet viime vuosina nopeammin kuin bruttokansantuote (jättemäärät kasvoivat noin 5 % vuodessa, kun talous kasvoi noin 2 % vuodessa), mikä osoittaa että kytkeä talouskasvun ja jättemäärien kasvun välillä on voimistunut (kuva 16). BKT:ta ja jättemääriä vertailemalla jätteiden tuotannon voidaan vaihtoehtoisesti todeta irtaantuneen BKT:sta jatkaen talouden taantumasta huolimatta yhä voimallisempaa kasvua (Tilastokeskus 2010a ja 2010b).

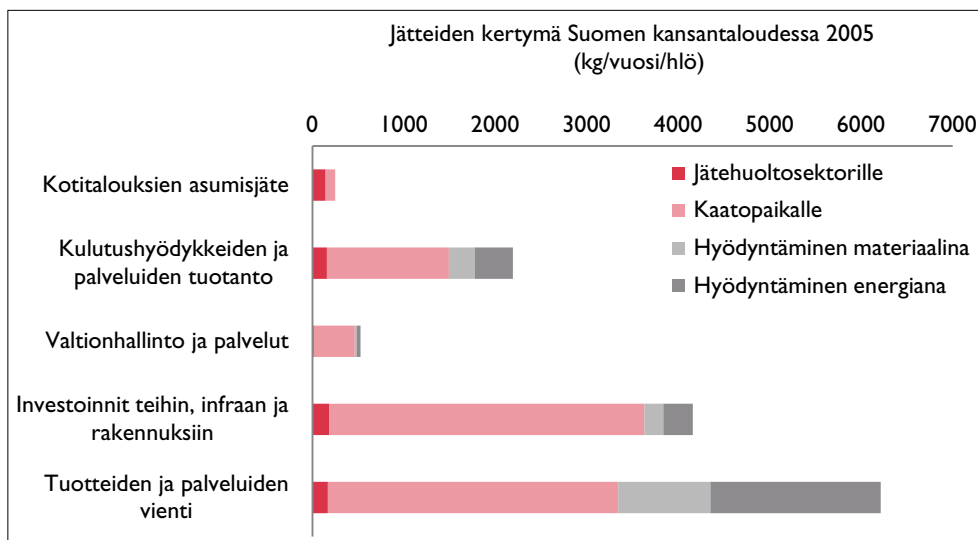
Vastaavasti kuin materiaalivirrat, myös jätteen syntyä voidaan tarkastella jakamalla jättemäärät loppukäytön lajeille: kotimaiseen kulutukseen, valtionhallintoon, in-



Kuva 15. Suomen jätteiden kertymä on korkea myös bruttokansantuotteeseen suhteutettuna (Tiedot: Eurostat, 2010).



Kuva 16. Suomen jättemäärät ovat kasvaneet viime vuosina nopeammin kuin bruttokansantuote (BKT, punainen viiva) (Kuva piirretty Tilastokeskuksen kansantalouden ja jätetilastojen perusteella. Bruttokansantuote on laskettu vuoden 2000 hintojen perusteella inflaation huomiomiseksi.)



Kuva 17. Jätteiden kertymä ja käyttö jaettuna kysynnän lajeille ENVIMAT-mallin avulla.

vestointeihin ja vientiin (kuva 17). Tulosten perusteella noin puolet Suomen talouden kokonaisjättemäärästä (13,7 tonnia/henkilö/vuosi) aiheutui viennin tuotannosta (n. 6,2 t/hlö/v). Kotitalouksien kulutus aiheuttaa tuotannossa jättemäärän, joka on noin kymmenkertainen kotitalouksien tuottamaan asumisjätteeseen (noin 227 kg/hlö/v) verrattuna. Talonrakentaminen ja teiden ylläpitoon liittyvät investoinnit aiheuttavat suurimman osan kotimaan kysynnälle jaetuista jättemääristä.

Toimialojen jättekertymiä samoin kuin niiden hyödyntämistä kuvaavat aineistot on koostettu useista lähteistä. Lähtökohtana on ympäristöhallinnon ylläpitämästä Ympäristösuojelun tietojärjestelmästä (VAHTI), jonne tallennetaan mm. ympäristölupavolvollisten toimijoiden ympäristökuormitettiedot. Tietoja on täydennetty Tilastokeskuksen tuottamilla jäte- ja kaivostilastoilla ja energiaksi käytettyjen puujätteiden osalta teollisuustilaston tuotetilaston avulla. Alkutuotannon, rakentamisen ja palveluiden jättemäärät perustuvat Tilastokeskuksen jätetilastoon, mutta tulokset osoitettiin toimialoille. Palveluiden ja kotitalouksien osalta jätteiden jako toimialoille pohjautui FinWaste 2003 tutkimukseen (Mäenpää ym., 2006). Tietopohjasta johtuen yksittäisten jätteiden määrätiedot eivät sovellu yksityiskohtaisiin jätelajitarkasteluihin, mutta ne tuottavat riittävän tarkkoja tietoja suuruusluokista yleisten suuntaviivojen ja kehittämiskohteiden arvioimiseen.

Työssä toteutetulla tarkastelutavalla saatiin jätteiden määristä tulos, joka poikkesi hieman Tilastokeskuksen jätetilastoista (taulukko 2). Suurimmat erot jätteiden synnyssä olivat puujätteissä ja lietteissä. Erot jätteiden käytössä olivat suurempia kuin jätteiden synnyssä. Eräs tekijä tämän taustalla on se, että Tilastokeskuksen jätteen synnyn ja käytön taseet eivät täsmää, vaan jätettä käytetään noin 4 miljoonaa tonnia vähemmän kuin mitä sitä syntyy. Jätteen käytön erot saattavat johtua erilaisista jätteiden varastointioletuksista tai puun energiakäytön tarkennetusta huomioinnista tässä työssä.

Sekä Tilastokeskuksen julkaiseman että tässä tuotetun aineiston heikkoutena on, että kumpikaan tilastointitapa ei ole aukoton. Koska hallinnon ympäristösuojelun tietojärjestelmä sisältää vain ympäristölupavolvolliset toimijat, osa pienimuotoisesta toiminnasta jää raportoinnin puolelle. Tätä erotusta arvioidaan Tilastokeskuksella laskennallisin kertoimin. Suurimmat poikkeavuudet ovat aloilla, joilla on paljon pienimuotoista yritystoimintaa, kuten talonrakentaminen ja elintarviketeollisuus (Rytönen, 2010).

Taulukko 2. Tässä työssä käytettyjen jätekertymien vertailu Tilastokeskuksen jätetilaston lukuihin.

	Jätekertymä	Yhteensä	Tilastokeskus	Erotus
1	Kemialliset jätteet	1 558	1 661	-103
2	Metallijätteet	907	564	343
3	Lasijätteet	258	208	51
4	Paperi ja pahvijätteet	895	645	251
5	Muovi- ja kumijätteet	106	99	7
6	Puujätteet	14 255	13 130	1 125
7	Romujoneuvot	149	169	-20
8	Elektroniikkaromu	41	38	3
9	Eläin- ja kasvijätteet	942	980	-38
10	Kotitalous- ja sekajätteet	1 952	2 169	-217
11	Lietteet	2 280	679	1 601
12	Mineraalijätteet	49 120	48 829	292
13	Muut jätteet	407	41	367
	<b>Jätekertymä yhteensä</b>	<b>72 870</b>	<b>69 208</b>	<b>3 662</b>
	Jätteiden käyttö	Yhteensä	Tilastokeskus	Erotus
	Käsittely yhteensä	72 870	65 369	7 501
	Aineskäyttö	9 783	18 177	-8 394
	Energiakäyttö	14 138	9 132	5 006
	Hävityspoltto	141	141	0
	Kaatopaikka	46 640	37 920	8 720

### 3.2

## Jätteiden hyötykäyttö

Työssä toteutetun tarkastelutavan mukaan jätteenä tilastoitavia materiaaleja syntyi Suomessa vuonna 2005 yli 70 milj. tonnia (taulukko 3). Näiden massojen lisäksi yritysten ja toimialojen sisällä liikkui vaikeasti arvioitavissa olevia määriä erilaisia aineita, jotka hyödynnetään tuotantoprosesseissa suoraan muiden raaka-aineiden tavoin. Jätetilastot siis väistämättä aliarvioivat todellisuudessa hyödynnettyjen materiaalien määrän, mutta toisaalta ne eivät alunperin ole edes tarkoitettu tarkkojen toimialakohtaisten massataseiden laatimiseen. Jäte-määritelmä tilastointivelvoitteineen on määritelty jätelaissa, ja lakien tarkoituksena on puuttua todettuihin epäkohtiin näiden materiaalien käsittelyssä ja loppusijoituksessa. Tilastojen tavoittamattomat materiaalit eivät siis ympäristökuormitusmielessä tai lainsäädännöllisesti ole keskeinen ongelma, koska niille on jo löytynyt hyötykäyttökohde.

Analysoiduista jättemateriaaleista keskimäärin noin kolmannes hyödynnettiin joko materiaalina tai energiana. Suurimmat viisi yksittäistä jäteluokkaa ovat mineraalijätteet, puujätteet, lietteet, kotitalous- ja sekajätteet sekä kemialliset jätteet, joista mineraalijäte kattaa lähes 70 % jätevirroista, puu viidenneksen ja loppu noin 10 % yhteensä kaikki muut jättemateriaalit.

Jätteet voivat aiheuttaa ympäristöön monenlaisia vaikutuksia. Jätteiden mittaaminen tonneina kuvaa välillisesti luonnonvarojen kulutusta, ja kaatopaikalle sijoitetut jätteet täysin hukkaan heitetyjä luonnonvaroja. Jätteiden kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet määrittelevät niiden muut haitat ja vaikutukset ympäristössä. Yksi ominaisuuksien luokitteluperusteista on jakaa jätteet biohajoaviin ja ei-biohajoaviin jätteisiin, koska ominaisuuden avulla voidaan arvioida materiaaleista aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä ja sitä kautta niiden potentiaalisia vaikutuksia ilmastoon.

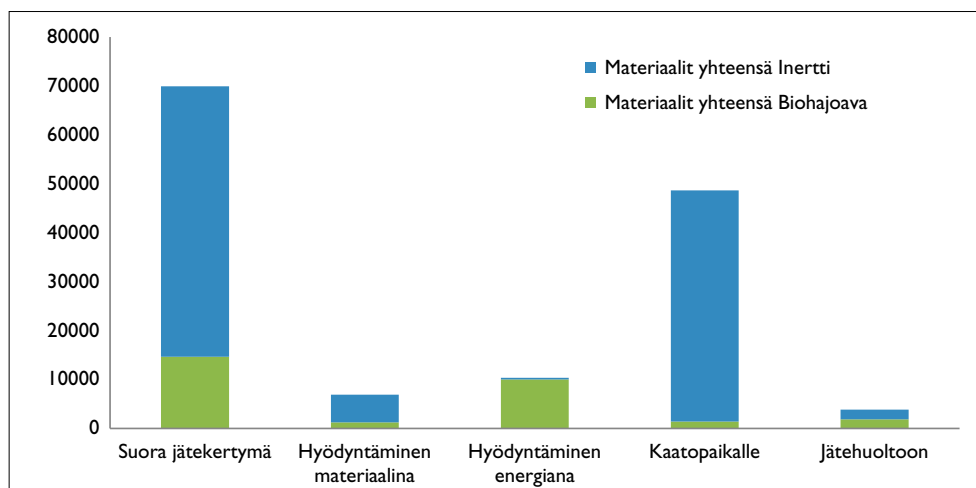


Taulukko 3. Jätteiden määrät ja hyödyntäminen 13 jätelajin tarkkuudella.

	Määrä, 1000 t	Osuus jäte- määrästä	Hyö- dyntä- misaste	Hyödyntä- minen ma- teriaalina, 1000 t	Hyödyn- täminen energiana, 1000 t	Kaato- paikka, 1000 t	Poltto- käsit- tely, 1000 t
Mineraalijätteet	49 120	67,4 %	11 %	9 783	25	41 950	20
Puujätteet	14 255	19,6 %	95 %	14	12 651	674	1
Lietteet	2 280	3,1 %	48 %	1	785	1 166	13
Kotitalous- ja sekajätteet	1 952	2,7 %	12 %	5 373	160	1 686	34
Kemialliset jätteet	1 558	2,1 %	38 %	255	207	882	72
Eläin- ja kasvi- jätteet	942	1,3 %	75 %	313	80	211	0
Metallijätteet	907	1,2 %	99 %	681	-	7	0
Paperi ja pahvijät- teet	895	1,2 %	99 %	926	203	4	1
Muut jätteet	407	0,6 %	1 %	-	2	5	1
Lasijätteet	258	0,4 %	99 %	55	-	3	-
Romujoneuvot	149	0,2 %	100 %	630	-	0,04	0
Muovi- ja kumijätteet	106	0,1 %	75 %	149	25	27	0
Elektroniikkaromu	41	0,1 %	35 %	71	-	27	0
<b>Yhteensä</b>	<b>72 870</b>		<b>33 %</b>	<b>8 230</b>	<b>14 138</b>	<b>46 640</b>	<b>141</b>

muutokseen. Tarkasteltavan aineiston jätteistä noin viidennes on biohajoavia, ja loput erilaisia mineraalisia, metallisia ja muita ei-biohajoavia materiaaleja (kuva 18).

Biohajoavista jätteistä vapautuu mikrobiologisen hajoamisen seurauksena kaato-  
paikoilla metaania, joka on yksi ilmastomuutosta voimistavista kasvihuonekaasuis-  
ta. Jätteistä voi myös vapautua ravinteita, raskasmetalleja ja muita haitallisia aineita  
maaperään, vesistöihin ja ilmakehään, jolloin riskinä ovat mm. ympäristön rehevöi-  
tyminen, happamoituminen, ekotoksiset vaikutukset eliöihin ja ihmisten terveyden  
vaarantuminen. Osaa mahdollisista ympäristövaikutuksista kyetään mallintamaan  
kvantitatiivisesti, mutta on myös paljon ongelmallisiksi tunnistettuja ympäristövai-  
kutuksia, joiden mittaamiseen ja vertailuun muihin ympäristövaikutuksiin nähden ei  
vielä ole keinoja. Tällaisiksi vaikutuksiksi on tunnistettu mm. ravinteiden, kosteuden  
ja humuksen palautuminen takaisin maaperään (Myllymaa ym., 2008).



Kuva 18. Jätteiksi päätyvien materiaalien biohajoavuus, hyödyntäminen ja kaatopaikkasijoitus.

Pyrittäessä etsimään materiaaleja, joiden käsittelyn muutokseen tai hyödyntämisen tehostamiseen tulisi eniten panostaa, on ensin valittava näkökulma – painotetaanko ilmastovaikutuksia, luonnonvarojen käyttöä vai jotakin muuta ympäristövaikutusta.

### 3.3

## Merkittävien jätevirtojen ja toimialojen poiminta

Toimialoja on ENVIMAT-mallin kansantalouden tilinpidossa kaiken kaikkiaan 150, joista vain noin 100 tuotti aineiston mukaan jätettä. Loput toimialat tuottivat aineettomia hyödykkeitä. Näistä sadasta jätettä tuottavasta toimialasta 15 tuotti yli 90 % kaikista jätteistä (taulukko 4). Suurin jätteiden tuottajasektori oli maa- ja vesirakentaminen, jossa tuotetut mineraalijätteet edustivat lähes kolmannesta Suomen kokonaisjättemäärästä.

Jätteiden kokonaismäärien ohella merkittävää on, miten suuri osuus niistä päätyy kaatopaikalle. Maa- ja vesirakentaminen nousi kärkeen myös eniten jätteitä kaatopaikalle sijoittavissa toimialoissa – lähes puolet kaatopaikoille sijoitetuista jätteistä oli maa- ja vesirakentamisen mineraalijätteitä (taulukko 5). Muita sekä kokonaisjättemäärissä ja kaatopaikkajätteissä erottuvia toimialoja ovat kemiallisten mineraalien louhinta, kivenlouhinta, metallimalmien louhinta, muiden kuin rautametallien valmistus, lannoitteiden valmistus, talonrakentaminen ja kotitaloudet.

Kemiallisten mineraalien louhinnasta peräisin olevat mineraaliset jätteet (mm. fosforintuotannon apatiitti) muodostivat noin viidenneksen kaatopaikoille sijoitetuista jättemääristä. Paljon jätteitä syntyi myös metallien ja mineraalien louhinnasta, lannoitteiden valmistuksesta ja kotitalouksista. Kotitalouksista syntyvien kaatopaikkajätteiden osuus oli noin 2 % valtakunnallisista kaatopaikkajätteistä.

Jos eri jätelajeja tarkastellaan erikseen erittelemällä niiden suurimmat tuottajat, huomataan kotitalouksien erottuvan kärkeen kuudessa jäteluokassa: kotitalous- ja sekajätteet, sähkö- ja elektroniikkaromu, romuautot, lasijäte, paperi- ja pahvijätteet sekä muovi- ja kumijätteet (liite 1). Näissä jätelajeissa määrät ovat mineraalijätteisiin verrattuna vähäisiä. Jätevirtojen hallintaa ajatellen kotitalouksien jätteet ovat jakaantuneet noin kahteen ja puoleen miljoonaan syntypisteeseen, kun taas toimipaikkoja on ilman alkutuotannon toimialoja 265 000 (TEM, 2009).

Eri toimialojen merkitys jätteiden tuottajina havainnollistuu visualisoimalla jätevirrat virtausdiagrammin avulla (kuva 19). Virtausdiagrammi kuvaa keskeisimpien toimialojen vuosittaisen jätteiden tuotannon, jätteiden hyötykäytön ja loppusijoituksen. Kaatopaikalle menetettyjen materiaalien osuus on lähes 70 % materiaaleista ja yli 30 % hyödynnetään. Virallisen tilaston mukaan hyötykäyttöaste on noin 40 %, joten tarkastelutapa aliarvioi jonkin verran hyötykäytön määrää virallisiin tilastoihin verrattuna. Ongelmajätteiden käsittelynä käytetyllä hävittävällä poltolla käsitellään noin prosentin kymmenys kaikista jätteistä. Jätteiden tuonti kirjautuu hyödynnettyihin tai käsiteltyihin jätteisiin, ja tuodut jättemäärät ovat vaihdelleet maailmanmarkkinatilanteen mukaan välillä 60 000–80 000 tonnia vuodessa. Jätteiden vienti oli vuonna 2009 noin 310 000 tonnia ja vuonna 2008 n. 450 000 tonnia. Tästä määrästä oli rautaoksidia noin 65 %.

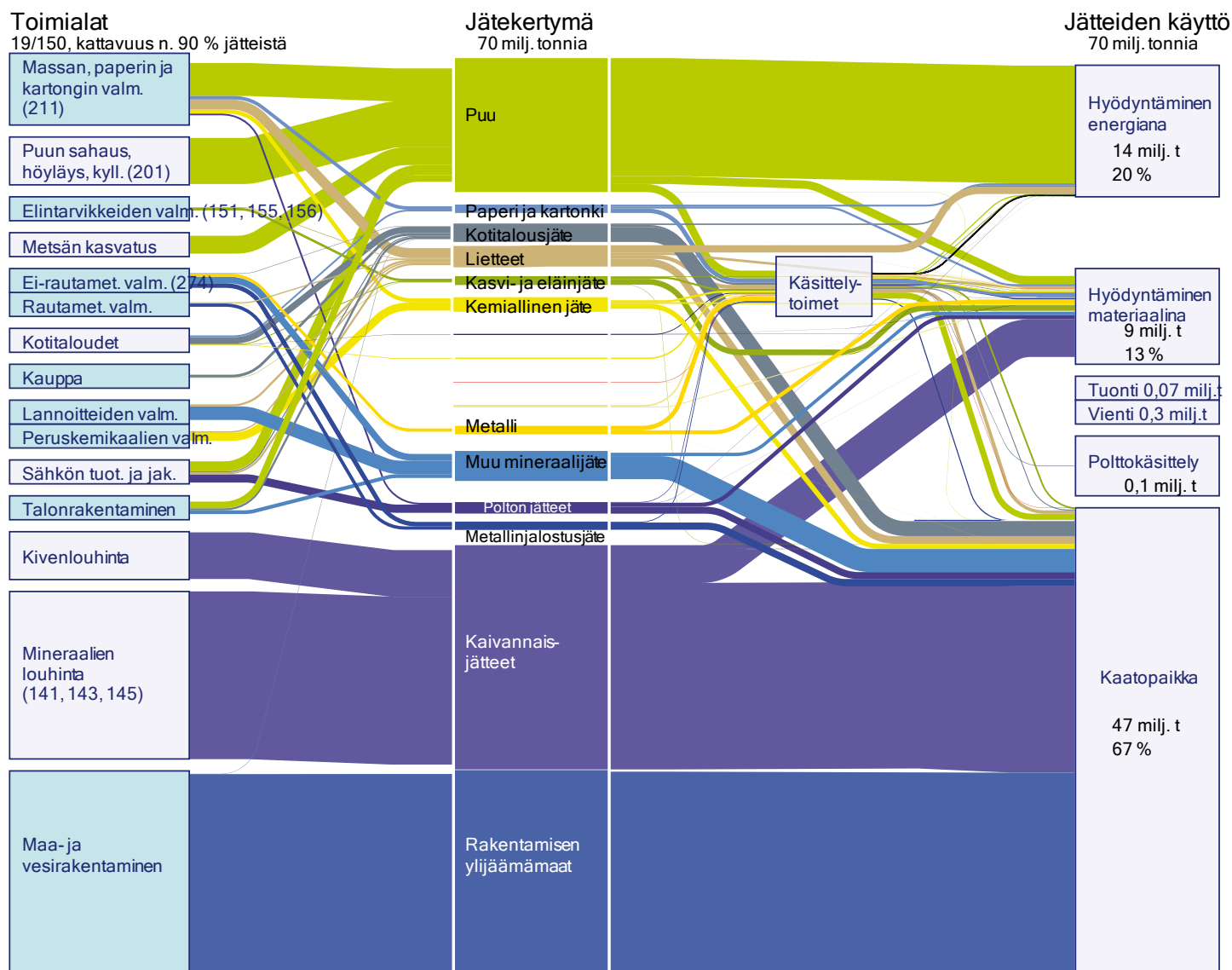
Koska valtavat mineraalijätevirrat näyttävät kadottavan alleen vähäisemmät jätevirrat, vertailun vuoksi toinen virtausdiagrammi laadittiin poimimalla mukaan biohajoaviksi laskettavat jätevirrat (kuva 20). Tämä esitystapa visualisoi samalla kasvihuonekaasujen kannalta olennaisimmat jätevirrat. Kotitalous- ja sekajätteen merkitys kasvaa uuteen mittakaavaan, koska sen osuus kokonaismäärästä kasvaa ja lisäksi se on suurin kaatopaikalle sijoitettava biohajoava jätevirta, ja tuottaa merkittäviä määriä metaania. Kaatopaikat tuottavat vuosittain puolet koko maan metaanipäästöistä.

Taulukko 4. Suurin jätteiden tuottajasektori oli maa- ja vesirakentaminen, jossa tuotetut mineraalijätteet edustivat lähes kolmannesta Suomen kokonaisjättemäärästä.

KTTL	Toimiala	Kemialliset jätteet	Metallijätteet	Lasi-jätteet	Paperi- ja pahvijätteet	Muovi- ja kumi-jätteet	Puu-jätteet	Romujoneuvot	Elektroonikaromut	Eläin- ja kasvijätteet	Kotitalous- ja sekajätteet	Lietteet	Mineraalijätteet	Muut jätteet	Jättekertymä yhteensä	Osuus jätteistä
	Yhteensä	1 558	907	258	895	106	14 255	149	41	942	1 952	2 280	49 120	407	72 870	92 %
452	Maa- ja vesirakentaminen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,0	0,0	20 992,3	0,0	21 024	29 %
143	Kemiallisten mineraalien louhinta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11 346,7	0,0	11 347	16 %
211	Massan, paperin ja kartongin valmistus	437,5	31,4	0,0	370,8	8,6	3 508	0,0	0,4	22,7	71,9	1 066,2	286,8	0,1	5 804	8 %
201	Puun sahaus, höyläys ja kyllästys	0,6	46,4	0,0	0,3	0,0	4 893	0,0	0,3	0,0	8,8	2,0	12,1	0,0	4 964	7 %
145	Muiden tuotteiden kaivu ja louhinta	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,3	3 739,9	0,0	3 741	5 %
141	Kivenlouhinta	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	3 439,2	0,0	3 440	5 %
130	Metallimalmien louhinta (pl. U ja Tr)	0,1	0,6	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,2	2 768,1	0,0	2 770	4 %
401	Sähkön tuotanto ja jakelu	5,0	36,3	0,0	44,0	13,2	1 066	0,0	0,1	12,7	107,9	200,2	875,4	0,0	2 361	3 %
0211	Metsän kasvatusta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 890	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 890	3 %
274	Muiden kuin rautametallien valmistus	40,8	315,3	2,2	0,2	4,8	2,1	1,9	8,8	0,0	45,2	210,1	1 221,7	1,7	1 855	3 %
202	Vanerin ja muiden puulevyjen valmistus	0,8	1,5	0,0	0,2	0,1	1 746	0,0	0,0	0,0	1,7	11,5	1,8	0,0	1 764	2 %
2415	Lannoitteiden ja typpiyhdisteiden valmistus	21,9	1,1	0,0	22,3	0,2	4,3	0,0	0,0	10,5	0,5	225,2	1 438,1	0,0	1 724	2 %
451	Talonrakentaminen	0,0	220,0	38,0	0,0	0,0	709	0,0	0,0	0,0	220,0	0,0	373,0	0,0	1 560	2 %
	Kotitaloudet	33,6	14,0	58,7	183,7	22,8	34	73,5	15,2	88,1	691,0	68,7	35,4	0,2	1 319	2 %
241	Peruskemikaalien valmistus	864,7	2,5	0,0	1,0	1,1	1,2	0,0	0,1	0,5	5,1	141,8	128,1	0,0	1 146	2 %

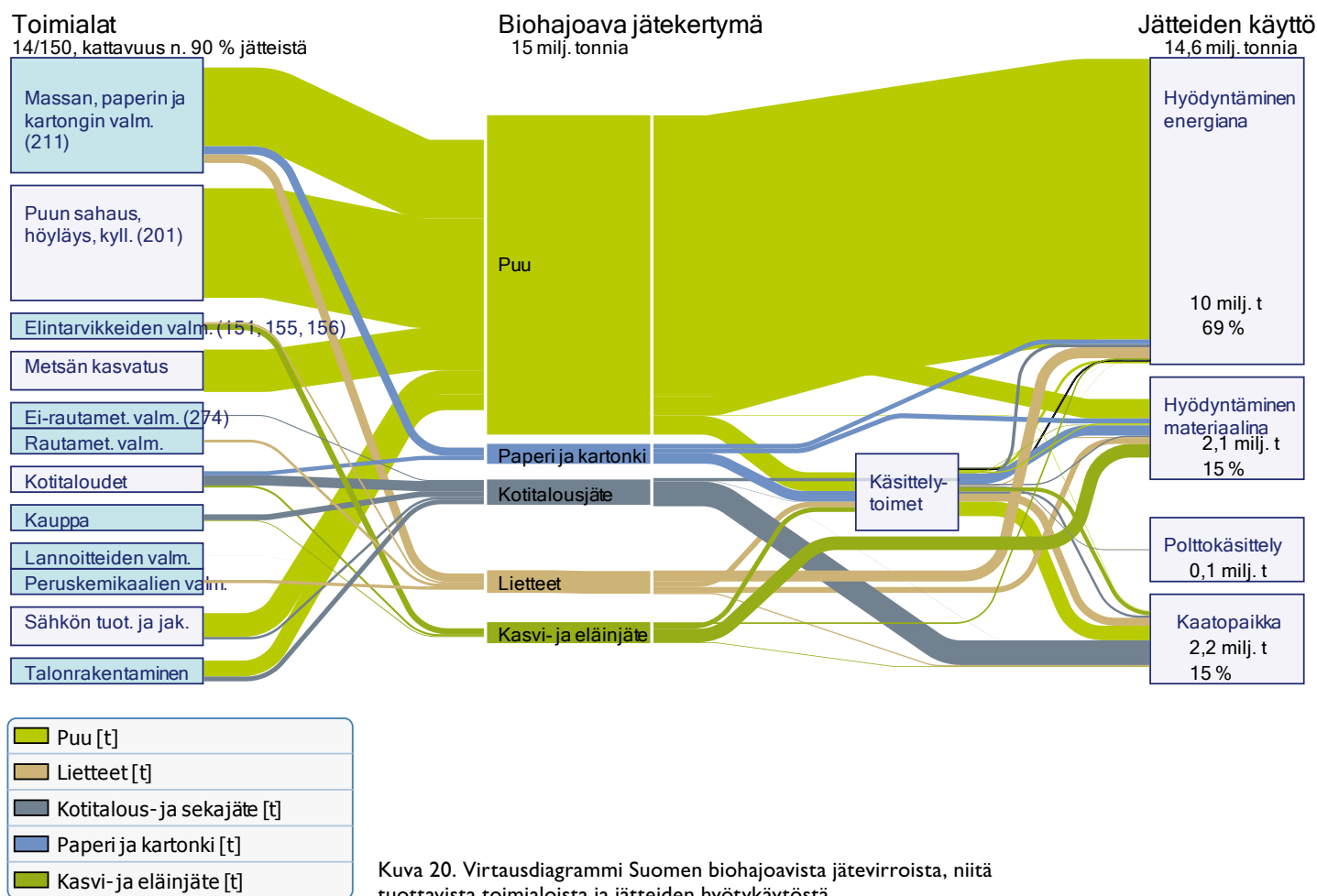
Taulukko 5. Eniten kaatopaikalle jätteitä sijoittavat toimialat, 1000 t, järjestettynä laskevasti jätteiden kokonaismäärän mukaan.

KTTL	Toimiala	Kemialliset jätteet	Metallijätteet	Lasi-jätteet	Paperi- ja pahvijätteet	Muovi- ja kumi-jätteet	Puu-jätteet	Romujoneuvot	Elektroonikaromut	Eläin- ja kasvijätteet	Kotitalous- ja sekajätteet	Lietteet	Mineraalijätteet	Muut jätteet	Jättekertymä yhteensä	Osuus jätteistä
	Yhteensä	882	7	3	4	27	674	0	27	211	1 686	1 166	41 950	5	46 628	91 %
452	Maa- ja vesirakentaminen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,0	0,0	20 992,3	0,0	21 024	45 %
143	Kemiallisten mineraalien louhinta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9 951,9	0,0	9 952	21 %
141	Kivenlouhinta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	3 439,2	0,0	3 440	7 %
130	Metallimalmien louhinta pois lukien uraani ja torium	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,1	2 316,3	0,0	2 318	5 %
2415	Lannoitteiden ja typpiyhdisteiden valmistus	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,5	225,1	1 430,8	0,0	1 657	4 %
274	Muiden kuin rautametallien valmistus	16,9	0,9	0,0	0,0	0,7	1,2	0,0	0,4	0,0	35,7	208,1	1 138,0	1,3	1 398	3 %
451	Talonrakentaminen	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	554,4	0,0	0,0	0,0	220,0	0,0	373,0	0,0	1 017	2 %
	Kotitaloudet	18,4	0,0	0,1	0,1	7,5	26,4	0,0	12,3	73,8	618,2	57,4	13,6	0,1	889	2 %
267	Kivituotteiden valmistus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,8	885,3	0,0	886	2 %



Polton jätteet [t]
Mineraalijätteet [t]
Puu [t]
Lietteet [t]
Kotitalous- ja sekajäte [t]
Paperi ja kartonki [t]
Kasvi- ja eläinjäte [t]
Romautot [t]
Lasi [t]
SER [t]
Muovi ja kumi [t]
Kemiallinen jäte [t]
Metalli [t]
Kaivannaisjätteet [t]
Rakentamisen ylijäämämaat [t]
Muut mineraalijätteet [t]
Metallinjalostuksen kuonat [t]

Kuva 19. Virtausdiagrammi Suomen jätevirroista, jätteitä tuottavista toimialoista ja jätteiden hyödyntämisestä, käsittelystä ja loppusijoituksesta. Toimialoista valittu suurimmat, joiden jätteet edustavat noin 90 % vuosittain syntyvistä jätteistä. Puuttuva 10 % selittää vajaavaisuudet vasemmalta toimialoilta tulevissa nuolissa.



Kuva 20. Virtausdiagrammi Suomen biohajoavista jätevirroista, niitä tuottavista toimialoista ja jätteiden hyötykäytöstä.

Biohajoavia jätteitä määriteltäessä vain noin 40 % teollisuuden lietteistä arvioitiin biohajoaviksi. Teollisuuden lietteisiin lukeutuvat mm. siivousjäte, soodasakka ja meesajäte, jotka eivät ole luonteeltaan biohajoavia (Myllymaa ym. 2008). Lisäksi lietteisiin kuuluu merkittäviä määriä metalliteollisuuden lietteitä.

Eläin- ja kasvijätteen määrä on vain neljännes biohajoavasta kotitalous- ja sekajätteen kokonaismäärästä. Tästä suurin osa on peräisin elintarvikkeiden valmistuksesta. Kotitalouksien suorien jätteiden osuus näyttää vähäiseltä, mutta merkillepantavaa on, että näistä jätteistä on todettu pääkaupunkiseudun lapsiperheitä koskeneessa mittaustutkimuksessa noin kolmanneksen olevan yhä ruuaksi kelpaavaa jätettä, joka on päässyt vanhentumaan kylmäsäilytyksessä tai jota ei ole tullut syödyksi ennen sen pilaantumista tai joka on kaavittu biojätteisiin lautastähteinä (Tarvainen, 2009). Keskimäärin keittiöbiojätettä tuotettiin henkilöä kohti noin 50 kg/vuosi, josta alunperin syömäkelpoista ruokajätettä oli 17 kg. Mikäli lukemat olisivat yleistettävissä koko valtakunnan tasolle, ruokaa tuotetaan, kuljetetaan, kylmäsäilytetään ja tehtäisiin yli 90 000 tonnia vuosittain turhaan.

## Jätemateriaalien hyödyntämisen tehostamismahdollisuudet

Toimialoilla on vaihtelevat mahdollisuudet hyödyntää tai toimittaa hyödynnettäväksi toiminnassaan syntyvät jätteet. Liitteessä 2 on esitetty eri jätemateriaalien hyödyntämistä kullakin toimialalla. Liitteen laskelmat osoittavat, että maatalouteen pohjautuvilla ja mekaaniseen puun jalostukseen perustuvilla toimialoilla hyödyntämiselle on parhaat lähtökohdat, ja jätteistä saadaan hyödynnettyä käytännössä kaikki (liite 2). Paperi- ja pahvijätteet, puujäte ja kasvi- ja eläinperäiset jätteet ovatkin jätteistä parhaiten hyödynnettyjä. Myös metallilla, lasilla ja muovilla on hyvä hyödyntämisaste, joskin niiden määrät ovat hallitseviin jätteisiin verrattuna melko vähäiset. Pienin hyödyntämisaste on mineraalijätteillä (11 %), kotitalousjätteillä (12 %) ja sekalaisella muiden jätteiden ryhmällä (1 %), joka sisältää pääasiassa tekstiilejä ja nahkaa.

Mineraalijätteille tilastoituva hyödyntämisaste on muihin jätteisiin verrattuna hyvin vaatimaton, se on samaan aikaan sekä suurin tuotettu jättemassa että suurin kaatopaikalle sijoitettava jätemateriaali. Mineraalijätteistä suurin hyödyntämisaste on poltossa syntyvillä tuhkillä, joista suuri osa on energiantuotannossa syntyvää kivihiilituhkaa (taulukko 6). Kivihiilituhka soveltuu maarakentamisen raaka-aineeksi, ja kivihiilituhkalle määritellyn kevennetyn lupamenettelyn ansiosta sitä myös hyödynnetään melko tehokkaasti (VN asetus 591/2006 eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa).

Mineraalijätteistä huonoin hyödyntämisaste on rakentamisen ylijäämämailla, jotka ovat erilaisia maa- ja vesirakentamisessa syntyviä maa-aineksia (taulukko 4). Hyötykäytön esteenä ovat tyypillisesti ainakin materiaalien laadullinen soveltumattomuus rakentamiseen sekä syntypisteen ja hyödyntämispisteen väliset pitkät etäisyydet.

Taulukko 6. Mineraalijätteiden jakauma rakentamisen, kaivostoiminnan, polton, metallinjalostuksen ja muiden toiminnan jätteisiin.

	Rakentamisen ylijäämämaat	Kaivostoiminnan jätteet	Polton jätteet	Metallinjalostuksen kuonat	Muut
	1 000 t	1 000 t	1 000 t	1 000 t	1 000 t
Suora jättekertymä	21 822	23 862	1 227	886	3 197
Hyödyntäminen materiaalina	240	4 020	426	41	355
Hyödyntäminen energiana	2	0	2	0	0
Kaatopaikalle	21 481	19 842	737	767	2 450
Jätehuoltoon	99	0	60	78	392

Jätelajien hyödyntämistä on selvitetty sekä valtakunnallista jätesuunnitelmaa varten tehdyssä esiselvityksessä (Myllymaa ym., 2006) että alueellisessa jätehuollon tarkastelussa. Näissä tutkimuksissa todettiin, että eri materiaalien soveltuvuus hyödyntämiseen riippuu jätteen laadusta ja tuotteelle asetetuista laatuvaatimuksista. Lisäksi eri ympäristöindikaattorien voitiin todeta osoittavan alueellisessa järjestelmässä olevan saatavissa merkittäviä etuja, mikäli jätemateriaaleilla voidaan korvata fossiilisia polttoaineita (Myllymaa ym., 2008). Hyödyt johtuvat siitä, että jätemateriaalit ovat osittain tai kokonaan bioperäisiä. Keskeiset hyötyjä osoittaneet indikaattorit olivat ilmastonmuutos, happamoituminen ja hiukkasvaikutus. Myös materiaalien kierrätyksellä raaka-aineeksi voidaan saavuttaa hyötyjä, koska voidaan välttää esimerkiksi lannoitteiden tai neitseellisen muovin valmistusta, mutta hyötyjen mittakaava on huomattavasti vältettävien fossiilisten polttoaineiden hyötyjä vähäisempi.

## 4 Mahdollisuuksia jätejalanjäljen pienentämiseen avaintoimialoilla

Mahdollisuuksia tuotteiden elinkaaren aikana muodostuvien jätevirtojen pienentämiseen selvitettiin avaintoimialoille suunnatulla kyselytutkimuksella. Kyselyssä kuvattiin toimialan suorat jätevirrat sekä elinkaarin jäteiden synty ns. jätejalanjäljen avulla, sekä kyseltiin toimialalla nyt käynnissä olevia keinoja oman toimialansa ja tuoteketjulähtöiseen jätteiden synnyn hallintaan.

Jätejalanjälki kuvaa tietyn tuotteen tai palvelun tuotannon elinkaaren aikana muodostuneiden jätteiden määrää tuotteen arvoa kohden. Kokonaismateriaalipanokseen verrattuna tarkasteluun on sisällytetty ainoastaan jätetilaston sisältämät jakeet. Kivi- ja maaperän eroosiota ei sisällytetty, mutta esimerkiksi hakkuutähteitä, kantoja, olkea ja maaperän eroosiota ei. Tarkastelun ulkopuolella ovat myös yhteiskunnan rakenteisiin sitoutuneet materiaalipanokset (rakentamiseen käytetty kivimurska yms.). Tietoaikajänne rajallisuuden vuoksi tarkastelu rajattiin kotimaan sisäpuolisiin jätevirtoihin. Energiana ja materiaalina suoraan teollisuudessa hyödynnetyt jätteet eivät myöskään sisälly tarkasteluun, vaan ainoastaan kaatopaikoille sijoitetut ja jätehuoltoon jatkokäsitteltäväksi viedyt jätteet. Näistä kaatopaikalle menevät jätteet kuvaavat yhteiskunnan menettämiä resursseja ja jätehuoltoon menevät jätteet hankalasti käsiteltäviä jätteitä. Metalli- ja paperijätettä lukuun ottamatta suurin osa jätehuollon käsittelemistä jätteistä meni vuonna 2005 kaatopaikalle, minkä vuoksi jätehuoltoon menevät jätteet sisällytettiin tarkasteluun.

Jätejalanjäljille voidaan antaa sovel-luskohteesta riippuen kaksi tulkinta-tapaa: kuluttajalähtöisen tai kansantaloudellisen. Kuluttajalle ne toimivat hiilijalanjälkien tapaan: jätejalanjäljet kertovat, mitkä tuotteet ja palvelut aiheuttavat eniten jätettä ja mihin osa-alueisiin kannattaa kiinnittää huomio-ta, mikäli haluaa tehostaa elintapo-jensa materiaalinkulutusta (kuva 21). Kansantalouden näkökulmasta jäteja-lanjälkien avulla voidaan tutkia, pal-jonko jätettä kutakin tuotetta kohden muodostuu elinkaarisesti ja edelleen arvioida, paljonko eri tuotteiden hin-nat nousevat, mikäli jätteen käsittelyn kustannukset lisääntyvät esimerkiksi haittaveron johdosta. Menetelmä on suoraan verrattavissa panoskertoimiin pohjautuviin tarkasteluihin, joissa kat-



Kuva 21. Kotitalouksien jätejalanjäljen kannalta keskeiset kulutetut tuotteet ja palvelut. Kotitalouksien suora asumisjäte on 17 % koko elinkaarisesta jätelmä-rästä. Ainoastaan suoraan hyödyntämättömät jätteet on huomioitu laskennassa.

sotaan tuotantopanosten (maa-ala, työvoima, öljy, luonnonvarat, tms.) hinnanmuutosten heijastumista lopullisten tuotteiden hintoihin.

Seuraavassa esitetään toimialojen keskeiset tulokset jätejalanjäljen kannalta sekä toimialojen näkemykset sektorinsa keskeisimmistä jätteisiin liittyvistä ongelmista.

#### 4.1

### Elintarviketeollisuus

Elintarviketeollisuuden (meijerit, myllyt ja teurastamot) tuotteet muodostavat merkittävän osan kuluttajien jätejalanjäljestä. Toimialat tuottavat jätteitä sekä suoraan toiminnassaan, mutta myös huomattavissa määrin raaka-aineidensa valmistuksessa. Esimerkiksi meijerit tuottivat jätettä 19 000 tonnia, josta hyödynnettiin suorana aines- tai energiakäyttönä 55 %. Kulutettujen meijerituotteiden elinkaarinen jätteiden tuotanto oli 1 051 000 tonnia, josta hyödynnettiin vain 23 %. Tuotteen arvoa kohden meijerituotteiden jätejalanjälki oli 697 g/€ hyödyntämätöntä jätettä. Meijerituotteilla ja muilla elintarvikkeilla suurin osa jätejalanjäljestä koostuu mineraalijätteistä (taulukko 7). Myllytuotteiden jätejalanjälki on muita tuotteita suurempi, sillä ne ovat halvempia kuin eläintuotteet.

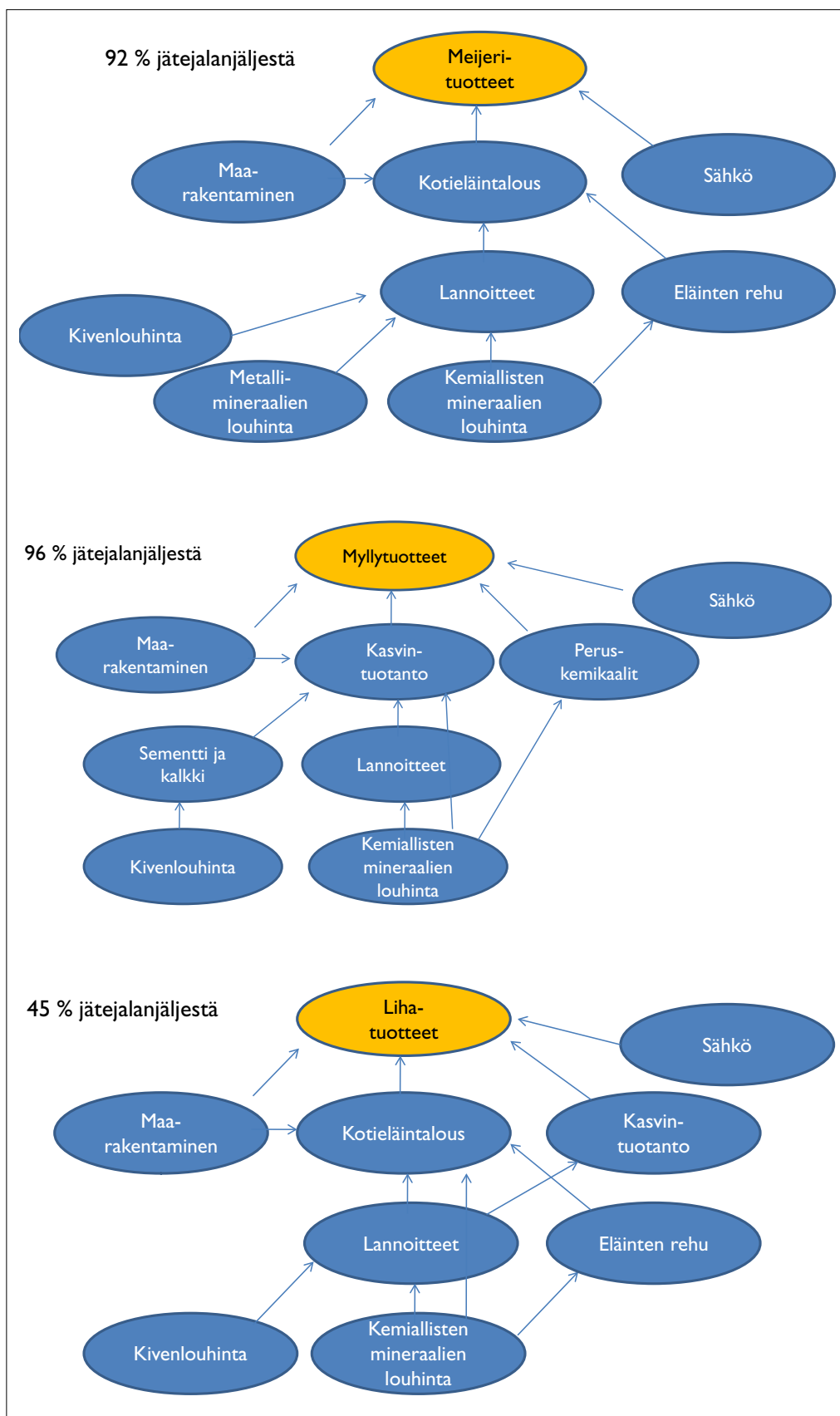
Taulukko 7. Elintarviketeollisuuden tuotteiden jätejalanjäljen koostumus jätelajeittain.

	Jätejalanjälki (g jätettä/€)		
	Meijerituotteet	Myllytuotteet	Lihat tuotteet
Kemialliset	3,2	4,4	4,7
Metalli	1,1	1,0	1,1
Lasi	0,3	0,3	0,2
Paperi ja pahvi	2,1	1,3	1,7
Muovi ja kumi	0,4	0,2	1,0
Puu	1,0	0,7	0,7
Romujoneuvot	0,3	0,3	0,3
Elektroniikkaromu	0,1	0,1	0,1
Eläin- ja kasvijäte	7,5	14,0	20,1
Kotitalous- ja sekajäte	5,5	4,0	5,9
Lietteet	19,4	134,9	22,4
Mineraalijäte	656,7	776,6	461,2
Muut jätteet	0,0	0,0	0,0
<b>Yhteensä</b>	<b>697,6</b>	<b>937,8</b>	<b>519,4</b>

Suurin osa jätejalanjäljistä (62–69 %) muodostuu kemiallisten mineraalien louhinnasta sekä lannoitteiden valmistuksesta (15–17 %). Kemiallisten mineraalien louhinta liittyy maatalouden käyttämien lannoitteiden valmistukseen ja on yhteydessä lopputuotteisiin ainoastaan tuoteketjun välivaiheiden kautta (kuva 22).

Elintarviketeollisuus koki isoimmaksi ongelmakseen pakattujen biojätteiden tuotannon. Nämä jakeet eivät soveltuneet kompostointiin tai mädätykseen vaan päätyivät kaatopaikalle. Jätejalanjälkitarkastelu oli uusi tuttavuus, mutta se koettiin mielekkääksi osaksi elinkaaripohjaista tarkastelua. Tuotannon tarkastelu uudesta näkökulmasta vahvisti aiempaa käsitystä lannoitteiden kuormittavuudesta.





Kuva 22. Elintarviketeollisuuden tuotteiden jätejalanjälkien kannalta keskeisimmät tuoteketjun osat.

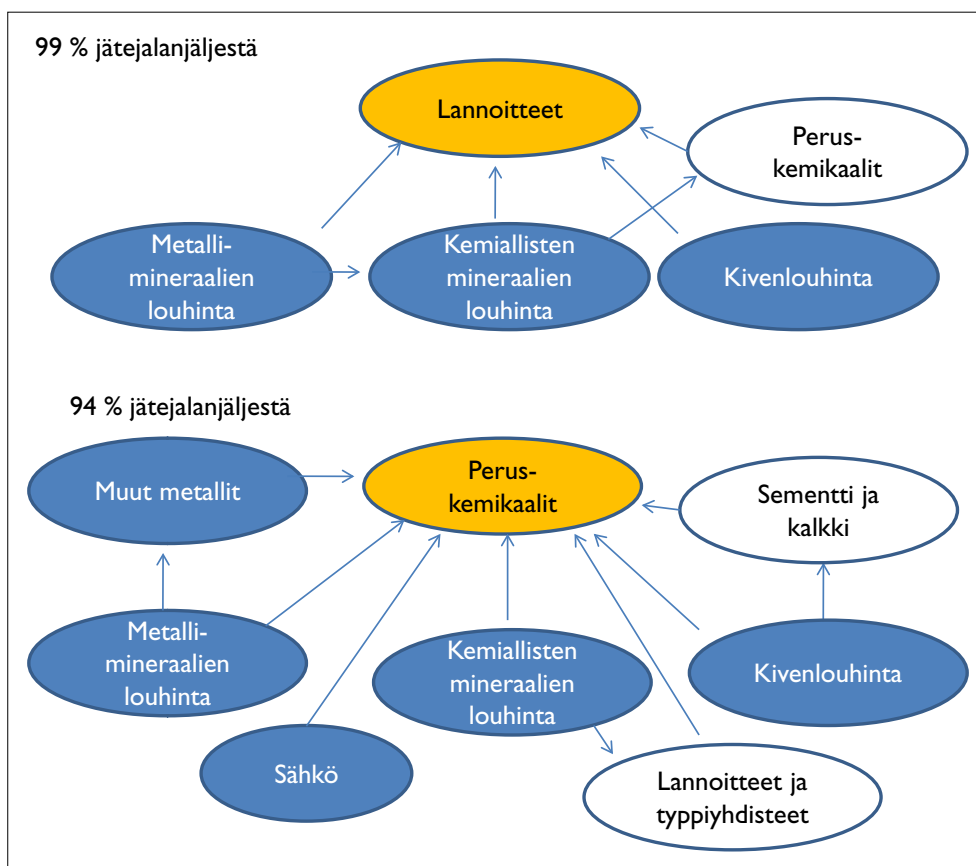
## Peruskemikaalien ja lannoitteiden valmistus

Peruskemikaalien ja lannoitteiden valmistus (toimialaluokka TOL 241) on materiaalinkäytön ja jätteiden kannalta tärkeä välittävä toimiala. Sen tuotteita käytetään massa- ja paperiteollisuudessa sekä elintarvikeketjussa maatalouden kautta. Toisaalta peruskemikaalien valmistuksessa käytetään kaivosteollisuuden tuotteita, joiden valmistuksessa syntyy runsaasti sekä materiaalinkäyttöä että jätettä. Peruskemikaalien valmistuksessa syntyi vuonna 2005 jätettä 1 146 000 t, josta hyödynnettiin kolmasosa (31 %). Hyödyntämätön jäte oli lähinnä kaatopaikkasijoitettuja suolajätteitä. Peruskemikaalien lopputuotteiden elinkaarin jätteenkertymä oli 2 123 000 t, josta hyödynnettiin neljännes (25 %). Lannoitteiden tuotannossa vastaavat luvut olivat 1 700 000 t (4 %) ja 4 499 000 t (11 %). Lannoitetuotteiden jätejalanjälki on yksi korkeimpia (22 030 g/€) tarkasteltujen lopputuotteiden joukossa (taulukko 8).

Taulukko 8. Peruskemikaalien ja lannoitteiden jätejalanjäljen koostumus jätelajeittain.

	Jätejalanjälki (g jätettä/€)	
	Peruskemikaalit	Lannoitteet
Kemialliset	175,5	15,3
Metalli	1,4	3,7
Lasi	0,2	0,1
Paperi ja pahvi	0,6	0,5
Muovi ja kumi	0,2	0,5
Puu	0,5	0,9
Romujoneuvot	0,1	0,1
Elektroniikkaromu	0	0,1
Eläin- ja kasvijäte	0,4	0,3
Kotitalous- ja sekajäte	2,6	3
Lietteet	38,1	606,5
Mineraalijäte	584,3	21 399,8
Muut jätteet	0	0
<b>Yhteensä</b>	<b>803,9</b>	<b>22 030,8</b>

Elintarvikkeisiin verrattuna peruskemikaalien ja lannoitteiden valmistuksen tuoteketjut ovat lyhyitä (kuva 23), suurin osa vaikutuksista aiheutuu suoraan käytettyjen raaka-aineiden valmistuksessa tai toimialalla itsellään. Esimerkiksi peruskemikaalien valmistuksessa toimialan omat jätteet muodostavat 28 % ja kemiallisten mineraalien louhinta 48 % kokonaismäärästä. Lannoitteiden valmistuksessa vastaavat osat tuoteketjua kattavat 97 % kokonaisjättemäärästä.



Kuva 23. Peruskemikaalien ja lannoitteiden tuoteketjun keskeisimmät osat jätejalanjäljen kannalta.

Peruskemianteollisuus koki tuoteketjulähtöisen tarkastelun hyödylliseksi tavaksi materiaalitehokkuuden parantamiseen. Menetelmä koettiin tosin ongelmalliseksi: sivukiviä ei nähty keskeiseksi ongelmaksi, jota pitäisi kehittää ja toisaalta hyötykäyttö koettiin suuremmaksi kuin miltä se tilastojen valossa näyttäisi. Lisäksi VAHTI-aineisto raportoi jotkin jätteet kahteen kertaan, mikä vaatii tarkkaavaisuutta tietojen jatkokäytössä.

Lannoiteteollisuus yllättyi jätejalanjäljen suuruutta. Sivukivien ja rikastushiekan sekä kipsin muodostuminen prosessissa oli tiedostettu ongelmaksi ja sitä pyrittiin ratkomaan hyötykäyttöä tehostamalla. Ongelmalliseksi hyötykäytölle materiaalin hyödyntämisen teki jätestatus, mikä mm. esti osan sivuvirtoja viennin ulkomaille hyödynnettäväksi.

#### 4.3

### Kauppa

Kauppa tuottaa palveluita, jotka sisältävät tuotteiden logistiikkaa ja varastointia. Kaupan suora jätteiden kertymä oli 548 000 tonnia, joka meni kokonaan kaatopaikalle ja jätehuoltoon. Suoraa aineskäyttöä ei ollut. Kaupan palveluiden elinkaarin jättekertymä oli huomattavasti suurempi kuin suora, noin 1 543 000 t. Tuotettua euroa kohden jätejalanjälki oli 77 g/€ hyödyntämätöntä jätettä, koostuen lähinnä mineraali- ja sekajätteistä (taulukko 9).

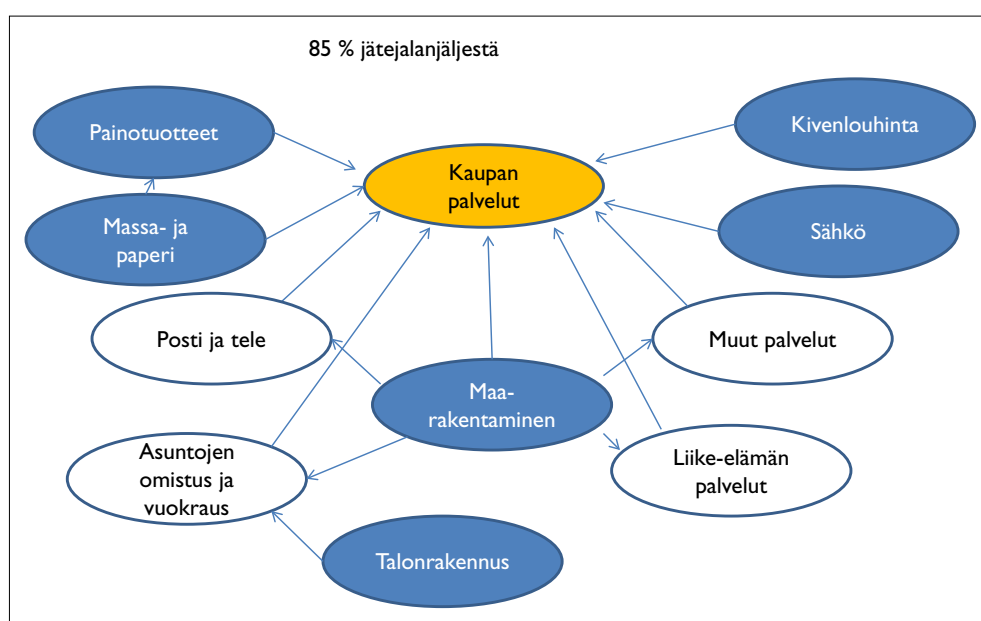
Taulukko 9. Kaupan palveluiden jätteenjäljen koostumus jätelajeittain.

Kaupan palvelut (g/€)	
Kemialliset	1,7
Metalli	0,7
Lasi	1,1
Paperi ja pahvi	4,0
Muovi ja kumi	0,5
Puu	1,0
Romujoneuvot	1,3
Elektroniikka-romu	0,3
Eläin- ja kasvijäte	1,7
Kotitalous- ja sekajäte	13,1
Lietteet	2,4
Mineraalijäte	48,7
Muut jätteet	0,0
<b>Yhteensä</b>	<b>77</b>

Kaupan palveluiden jätteenjäljen kannalta maa- ja vesirakentaminen on keskeisessä asemassa. Kauppa ostaa kyseisen toimialan palveluista sekä suoraan että erilaisten palveluiden kautta. Yhdessä kaupan omien jätteiden kanssa maa- ja vesirakentaminen kattaa noin 70 % kokonaisjättekertymästä. Maa- ja vesirakentamisen lisäksi merkittäviä jätelähteitä ovat käytetty kivimurska, sähkö sekä paperituotteet (kuva 24).

Teknisen kaupan ja palveluiden yhdistys kommentoi hyvin lyhyesti tarkastelua ja totesi, että koko toimialatason tarkastelu ei ole mielekasta, sillä kaupan alalla on mm, kemikaalien maahantuontia, koneiden vuokrausta sekä päivittäistavarakauppaa. Aggregaattien tarkastelu ei ole mielekasta.

Päivittäistavarakaupan yhdistyksen mukaan eläinperäiset sivutuotteet olivat merkittävä ongelma, joka on kuitenkin haastavaa ratkaista. Tuoteketjulähtöinen tarkastelutapa oli osin jo käytössä, keskittyen jätteiden osalta ennen kaikkea jätteiden käsittelyn ympäristötehokkuuteen.



Kuva 24. Kaupan palveluiden jätteenjäljen kannalta keskeisimmät toimialojen väliset vuorovaikutukset.

## Rakentaminen

Talonrakentaminen sekä maa- ja vesirakentaminen ovat keskeisiä toimialoja jätteen tuotannon kannalta. Ne sekä osallistuvat monen muun lopputuotteen valmistukseen että tuottavat itse lopputuotteita kysyntään. Maa- ja vesirakentamistoimialan suora jätekertymä on suurempi kuin loppukäyttöön menevien maa- ja vesirakennuspalveluiden (21 024 000 t suora ja 17 127 000 t elinkaarinen), sillä suuri osa rakentamisesta tehdään muiden tuotteiden tuoteketjuihin. Jätejalanjäljeltään maa- ja vesirakentaminen on yksi intensiivisempiä tuoteryhmiä, jätejalanjälki on 5 819 g/€, koostuen lähinnä mineraalijätteistä (taulukko 10). Talonrakennuksen jätejalanjälki on 254 g/€, sisältäen mineraalijätteiden lisäksi myös puu- ja kotitalousjätteitä.

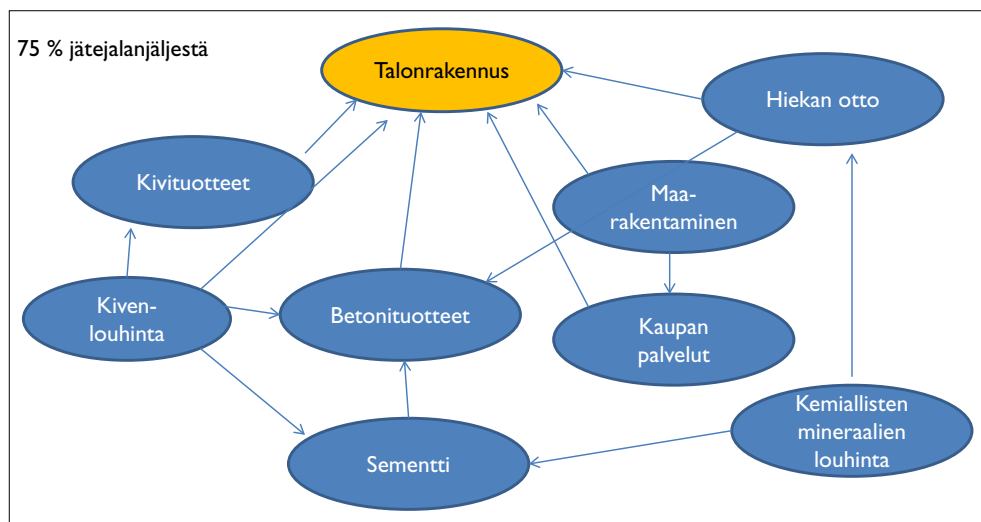
Taulukko 10. Rakentamistoimialojen jätejalanjälki jätelajeittain ilmoitettuna.

	Maa- ja vesirakennus (g/€)	Talonrakennus (g/€)
Kemialliset	1,3	1,6
Metalli	0,9	15,4
Lasi	0,2	2,7
Paperi ja pahvi	0,5	0,9
Muovi ja kumi	0,2	0,3
Puu	0,8	45,8
Romuajoneuvot	0,1	0,3
Elektroniikka-romu	0,0	0,1
Eläin- ja kasvijäte	0,2	0,4
Kotitalous- ja sekajäte	10,2	17,1
Lietteet	1,5	2,2
Mineraalijäte	5 802,9	167,6
Muut jätteet	0,0	0,0
<b>Yhteensä</b>	<b>5 819</b>	<b>254</b>

Maa- ja vesirakentamisen jätejalanjälki koostuu lähes kokonaan (98 %) toimialan omista jätteistä. Muut jakeet ovat lähinnä kiven- ja mineraalinlouhinnan sivukiviä sekä sementinvalmistuksen jätteitä. Talonrakentamisen jätejalanjälki muodostuu monimutkaisemmin. Toimialan omat jätteet ovat vain noin 40 % koko jätekertymästä, muiden jätteiden muodostuessa kivenlouhinnassa, kivituuotteiden valmistuksessa, maa- ja vesirakentamisessa sekä betonituotteiden valmistuksessa. Talonrakentaminen käyttää maa- ja vesirakentamisen palveluita sekä suoraan, että välillisesti kaupan palveluiden kautta (kuva 25). Samoin hiekkaa ja kivenlouhintaa käytetään sekä suoraan, että betonituotteiden kautta.

Maa- ja vesirakentaminen koki jätteen määritelmän ongelmalliseksi hyötykäytön kannalta. Esimerkiksi seulanpääkivet olisivat haluttua maisemanrakennusainetta, mutta jäteluokitus estää niiden käytön. Samoin pintamaan muuttuminen jätteeksi varastoidessa hankaloittaa toimintaa. Hyötykäytön kannalta ongelmallisia jätelajeita ovat lisäksi savi, siltti, lieju ja turve, joita ei voida käyttää rakentamisessa. Keskeinen ongelma on myös jätteiden syntypaikan ja käyttökohteen pitkä etäisyys.

Talonrakentamistoimiala koki ongelmalliseksi betonin hyötykäyttöön liittyvät lupakysymykset, sekä puujätteen hyödyntämisen. Monesti puujäte on sellaisessa muodossa, että sen hyödyntäminen on hankalaa. Elinkaarista tarkastelua ei ole tehty, mutta sen hyödyt todettiin selviksi, ennen kaikkea mikäli ne saadaan käyttöön jo suunnitteluvaiheessa.



Kuva 25. Talonrakentamisen elinkaarisien jättekertymän kannalta keskeisimmät toimialat ja vuoro-vaikutussuhteet.

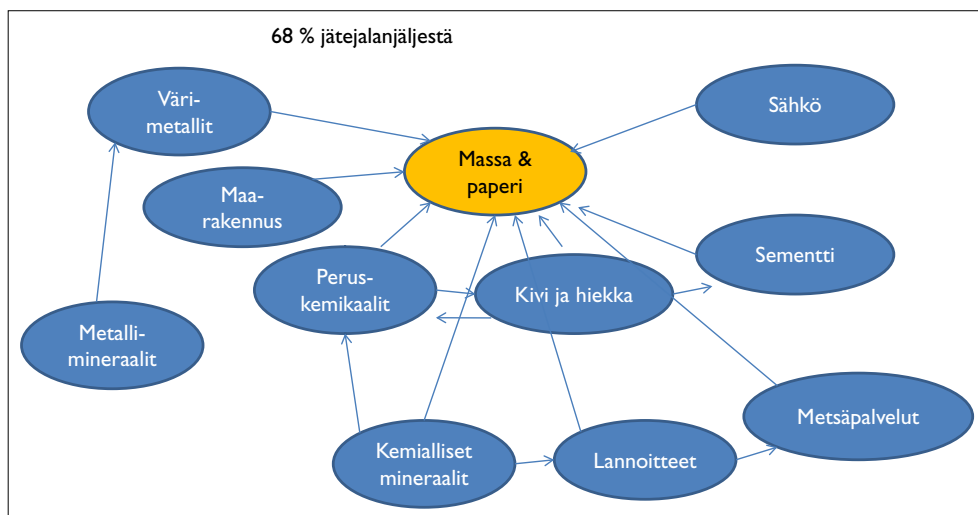
#### 4.5

### Massan, paperin ja kartongin valmistus

Massa- ja paperiteollisuus on ennen kaikkea merkittävä jätteen hyödyntäjä, mutta se tuottaa myös hyödyntämätöntä jätettä sekä suoraan että elinkaarisesti. Suora jätteiden tuotanto oli vuonna 2005 5 804 000 t, josta hyödynnettiin 85 %. Tuotelähtöinen elinkaarinen jätteiden tuotto oli 7 472 000 t, josta hyödynnettiin 55 %. Jätejalanjälki oli melko alhainen 237 g/€, koostuen lähinnä kemiallisista jätteistä (taulukko 11).

Taulukko 11. Massa- ja paperiteollisuuden jätejalanjälki jätelajeittain eroteltuna.

	Massa- ja paperiteollisuus (g/€)
Kemialliset	153,8
Metalli	35,5
Lasi	29,9
Paperi ja pahvi	5,7
Muovi ja kumi	4,1
Puu	3,9
Romuaajoneuvot	3,1
Elektroniikka-romu	0,3
Eläin- ja kasvijäte	0,2
Kotitalous- ja sekajäte	0,2
Lietteet	0,1
Mineraalijäte	0,1
Muut jätteet	0,0
<b>Yhteensä</b>	<b>237</b>



Kuva 26. Massa- ja paperiteollisuuden jätejalanjäljen kannalta keskeiset toimialat ja vuorovaikutussuhteet.

Massa- ja paperiteollisuuden jätejalanjälki on huomattavan monimutkainen (kuva 26). Suuri osa jätejalanjäljestä voidaan selittää keskeisten polkujen avulla. Vuorovaikutussuhteet kemianteollisuuden ja mineraalien ja maa-ainesten louhinnan välillä ovat keskeisiä, samoin metallimineraalien louhinta ja maanrakennus. Kemiallisten mineraalien louhinnan suuren kuormittavuuden johdosta metsien lannoitus nousi keskeisten vuorovaikutussuhteiden joukkoon. Kemiallisten mineraalien louhinta on keskeisin jätelähde toimialan omien suorien jätteiden jälkeen. Yhdessä nämä kaksi ryhmää kattavat 60 % jätejalanjäljestä.

Massa- ja paperiteollisuus koki suurimmaksi ongelmikseen suoran jätteentuotannon: soodasakan ja tuhkan muodostumisen ja näiden hyötykäytön. Kaatopaikkasijoitusta on vähennetty merkittävästi ja hyötykäyttökohteita etsitään jatkuvasti. Jätejalanjälki koettiin ongelmalliseksi, sillä se keskittyi vain yhteen vaikutusluokkaan ja toisaalta yhteismitallisesti erilaiset jätteet.

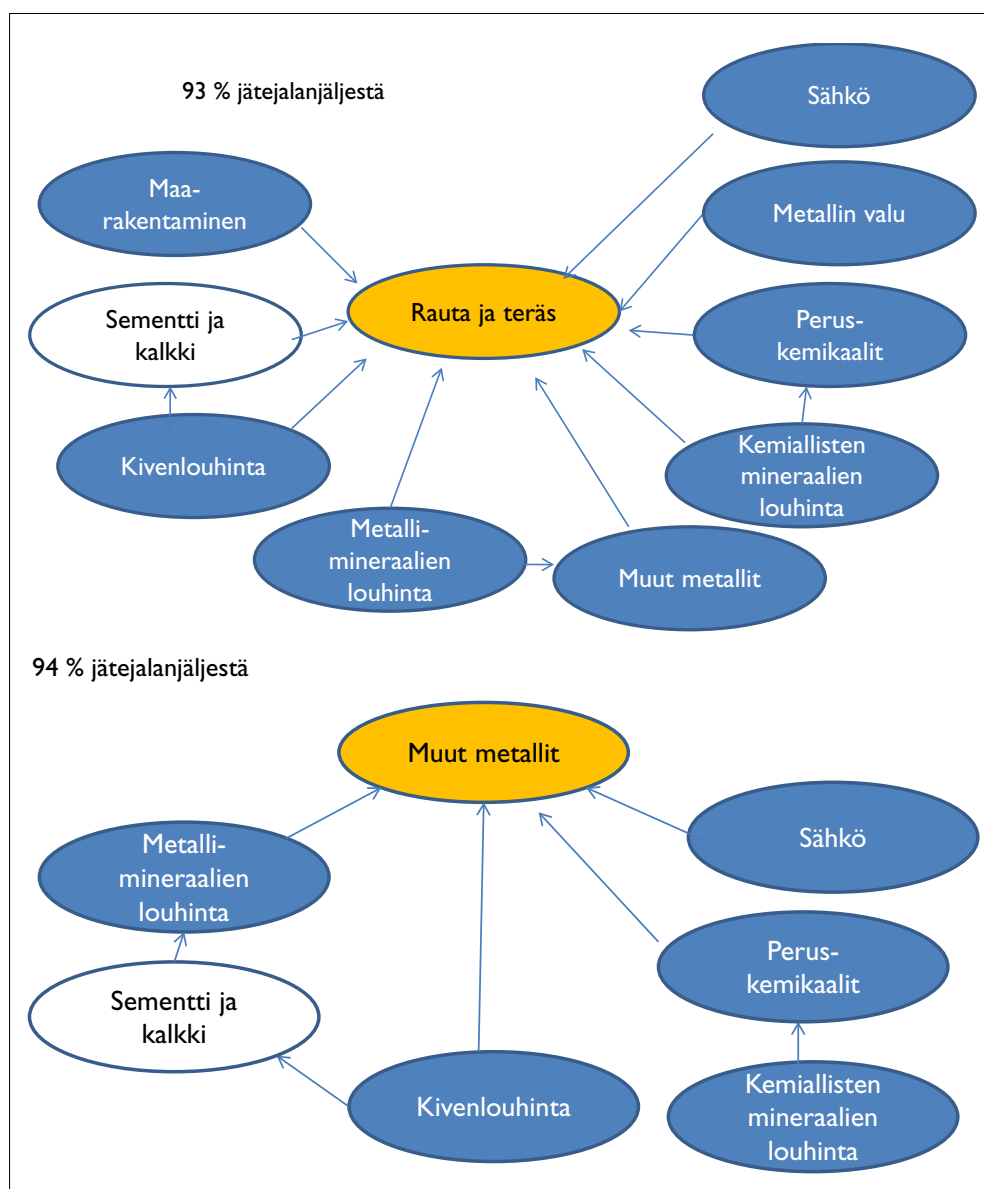
#### 4.6

### Metalliteollisuus

Raudan ja teräksen sekä muiden metallien valmistus ovat tärkeitä jalostavia toimialoja. Niillä on melko suuri suora jättekertymä (628 000 t rauta ja teräs; 1 855 000 t muut metallit) ja huomattavan suuri lopputuotekohtainen kertymä (1 704 000 t rauta ja teräs; 2 843 000 t muut metallit). Suurin osa jätejalanjäljestä on mineraalijätettä, joka on peräisin suoraan toimialalta ja metallimineraalien louhinnasta. Myös kivenlouhinta ja kemiallisten mineraalien louhinta ovat merkittäviä jätelähteitä.

Rauta- ja terästeollisuus on tehnyt elinkaariarviointeja pitkään, joten tulokset eivät olleet yllättäviä. Toimialalla panostetaan kierrätykseen jätteiden vähentämiskeinona ja etsitään kustannustehokkaita keinoja inerttien sivuvirtojen käyttöön. UUMA-hanke koettiin hyväksi keinoksi parantaa yritysten yhteistyötä sivuvirtojen käytössä.

Muiden metallien valmistuksessa keskeisenä ongelmana ovat kuonat, joista osa on luokiteltu ongelmajätteiksi. Ongelmaksi koettiin se, että prosessijätteille ei ole hyödyntäjää. Osin ongelmaa lisää jäteluokitus, joka estää rahallisesti arvokkaiden, mutta jätteiksi luokiteltujen tuotteiden viennin Euroopan ulkopuolelle. Toimialatarkastelu koettiin rajalliseksi ja toivottiin toimialojen välistä tarkastelua, jossa huomioitaisiin yhteisvaikutukset metsä- ja energiateollisuuden kanssa.



Kuva 27. Metallien tuotannon jätejalanjälkien kannalta keskeisimmät toimialat ja vuorovaikutussuhteet.

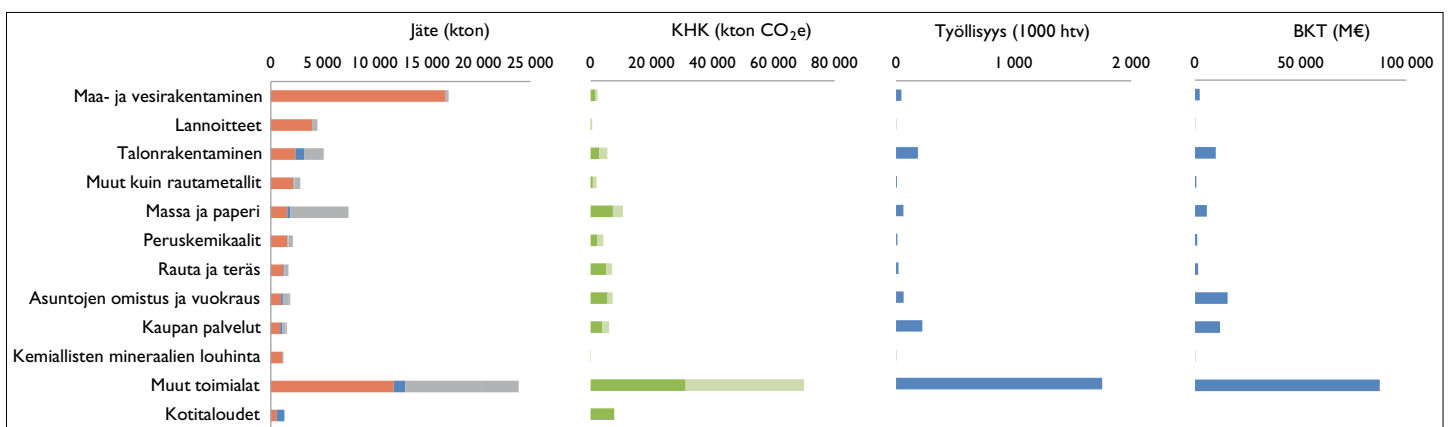


## 5 Materiaalitehokkuuden mahdollisuudet ilmasto- ja jätepolitiikan edistäjänä

5.1

### Jättemääriltään suurimpien sektoreiden ilmastovaikutukset

Kymmenen suurimman palvelun ja tuoteryhmän tuotanto aiheuttaa noin kaksi kolmasosaa Suomen koko hyödyntämättömästä jättemäärästä (kuva 28). Monet elinkaarisilta jätteentuotantomääriltään suurimmat tuoteryhmät aiheuttavat myös merkittäviä ilmastovaikutuksia. Näitä jätejalanjäljeltään kuormittavia tuotteita ovat maa- ja vesirakentaminen, rakentamisen, kaupan ja asuntojen ylläpidon palvelut sekä raskas prosessiteollisuus kuten lannoitteiden, mineraalien, peruskemikaalien, massan ja paperin ja metallituotteiden valmistus. Suuri jätejalanjälki korreloi melko huonosti tuotettujen kasvihuonekaasupäästöjen, työllistävyyden ja BKT:n suhteen. Toisaalta kymmenen suurimman jätejalanjäljen tuottajan joukossa ovat myös näiden tekijöiden suurimmat tuottajat. Kymmenen jätejalanjäljeltään merkittävää toimialaa kattavat kolmanneksen kasvihuonekaasupäästöistä, noin neljänneksen työllistävyydestä Suomessa ja noin kolmanneksen BKT-vaikutuksesta.



Kuva 28. Elinkaariselta jätteentuotannoltaan (jätejalanjäljiltään) suurimmat tuoteryhmät Suomessa vuonna 2005 ja samojen toimialojen lopputuotteiden kasvihuonekaasupäästöt, elinkaarinen työllisyys sekä kerrannaisvaikutukset bruttokansantuotteessa. Kaatopaikalle menevä osuus on merkitty punaisella, jätehuoltoon jatkokäsiteltäväksi sinisellä ja suoraan hyödynnetty osuus harmaalla. Kasvihuonekaasuissa vaaleanvihreä osuus kuvaa maan rajojen ulkopuolella tapahtuvia päästöjä.

## **Materiaalitehokkuuden parantaminen eri toimialoilla: vaikutukset elinkaarisiin kasvihuonekaasupäästöihin ja jätemääriin**

Koko kansantalouden talous- ja materiaalivirrat kattavan ENVIMAT-mallin avulla voidaan tarkastella eri toimialojen välisiä taloudellisia vuorovaikutuksia. Talouden rakenne on huomattavan monimutkainen, mallin kuvaamien vuorovaikutusten määrä on yli 20 000 kappaletta. Vuorovaikutukset muodostavat verkoston, jossa eri tuotteiden valmistamisen takana on eri laajuinen verkosto muita toimijoita raaka-aineiden ja kemikaalien valmistajista energian tuottajiin. Mallilla on mahdollista arvioida myös tuotteiden panoskäytön eli tuotteisiin kokonaisuudessaan sitoutuvien materiaalien vaikutusta elinkaarenaikaisiin jätemääriin ja kasvihuonekaasupäästöihin.

Tässä jätevirtanäkökulmaan painotetussa ENVIMAT-mallin sovelluksessa koko maan aineistosta testattiin kansantalouden tuottamien kasvihuonekaasupäästöjen ja tuotetun jätemäärän vähenemän suhdetta eri toimialojen raaka-aineiden käytössä tapahtuvaan vähenemään.

Toimialojen panostenkäyttöä (muuttuja A yhtälössä (1)) poikkeutettiin yksi panos kerrallaan ja laskettiin ympäristölaajennetut panos-tuotos tulokset uudelleen. Saatuja jätevirtoja verrattiin poikkeuttamattomaan jätemäärään ja erotusta verrattiin panostenkäytön poikkeutusmäärään. Tämä suhdeluku kuvasi koko kansantalouden tuottamien jätemäärien herkkyyttä yksittäisille muuttujille. Muuttujat, joilla on korkein suhdeluku, ovat niitä kohteita, joissa pienimmillä suhteellisilla muutoksilla saadaan suurin vaikutus jätemääriin.

Tarkasteluun otettiin kaikki jätteet, jotka päätyivät joko kaatopaikoille tai jätehuoltoon. Tarkastelun ulkopuolelle jätettiin teollisuuden suoraan hyödyntämät jätevirrat. Vaikka tarkastelu esitetään tässä kokonaisuutena, se on toistettavissa jätelajeittain, jolloin päästään tarkastelemaan esimerkiksi mahdollisuuksia vaikuttaa biojätteiden tai lietteiden syntyyn.

Suurin osa yksittäisistä eri toimialojen välisestä panosten käytöstä oli jätemäärien ja ilmastonmuutoksen hillinnän kannalta vähämerkityksellisiä. (Merkittävien muuttujien rajaksi asetettiin herkkyysindeksin arvo 0,01 (1 %), jolla jätteiden määrä vähenisi 0,01%, jos panosten käyttö tehostuisi prosentilla.) Toimialojen panostenkäytössä oli 19 toimijoiden välistä vuorovaikutussuhdetta, joilla oli yli prosentin herkkyys vaikuttaa tuotettuihin jätemääriin, mikäli lopputuotekysyntä ja jäteintensiteetti pysyvät muutoin ennallaan. Ilmastonmuutoksen hillinnän kannalta merkittäviä vuorovaikutussuhteita oli 14 kpl.

Edellä mainituista toimialoista viiden tuotantoketjujen verkostoissa on kytkentöjä, joissa löytyi merkittäviä muutoksia sekä kasvihuonekaasujen että jätemäärien vähentämisen suhdelukujen listalla (taulukko 12). Näiden panosten käytön tehostamisella saavutettaisiin hyötyjä molemmissa indikaattoreissa. Esimerkiksi yhden prosenttiyksikön vähenemä kotieläintalouden panosten käytössä meijerituotteiden ja jäätelön valmistuksessa toisi noin 30 000 t vähenemän CO<sub>2</sub>-päästöissä. Panokset liittyvät kotieläintalouteen, betonituotteisiin ja maanrakentamiseen. Kotieläintalous ja betonivalmistus sisältävät sekä suuria päästölähteitä, että merkittävää kaivannais- tuotteiden elinkaarista käyttöä. Päästöt ja jätemäärät syntyvät kuitenkin elinkaaren eri vaiheissa, kotieläintaloudessa metaani ja dityppioksidi päästöt syntyvät maaperästä ja eläimistä, jätemäärät syntyvät lähinnä käytettyjen lannoitteiden mineraalien louhinnasta. Maa- ja vesirakentamisessa päästöt ja jätemäärät syntyvät samassa elinkaaren vaiheessa, eli maamassojen siirtelyssä.

Taulukko 12. Toimialojen käyttämät panokset, joiden käytön tehostaminen tai pienentäminen vähentäisi sekä valtakunnallisia ilmastovaikutuksia että jätemääriä merkittävästi. Merkittäväksi on määritelty yhden prosentin muutos eli herkkyys indikaattoreissa suhteessa muutokseen toimialan raaka-aineiden (panosten) käytössä. Suluissa on ilmoitettu se toimiala, jolla jätteiden synty tai kasvihuonekaasupäästöt vähenisivät eniten muutoksen seurauksena.

Tuottava toimiala	Käyttävä toimiala	Panosten käyttö	Jäteherkkyys 1000 t	Ilmastoherkkyys kt CO <sub>2</sub> e
Varsinainen kotieläintalous →	Meijerituotteiden ja jäätelön valmistus	1 007,8 M€	10,9 (73 % kemiallisten mineraalien louhinta)	29,7
Varsinainen kotieläintalous →	Teurastus sekä lihanjalostus ja lihan säilyvyyskäsittely	758,0 M€	8,0 (73 % kemiallisten mineraalien louhinta)	22,6
Varsinainen kotieläintalous →	Varsinainen kotieläintalous	733,4 M€	7,6 (73 % kemiallisten mineraalien louhinta)	21,3
Betoni-, sementti- ja kipsituotteiden valmistus →	Talonrakentaminen	654,7 M€	5,7 (68 % kivenlouhinta)	7,1
Maa- ja vesirakentaminen →	Maa- ja vesirakentaminen	1 190,0 M€	69,1 (98 % maa- ja vesirakentaminen)	7,1

Jäljelle jäävistä kansantalouden merkittävistä vuorovaikutuksista osa tehoaa hyvin ilmastonmuutoksen hillintään, mutta vaikuttaa elinkaariseen jätteiden muodostukseen vain vähäisesti (taulukko 13). Tällaisia ovat energiantensiiviset ja fossiilisia polttoaineita käyttävät prosessit, kuten sähkön tuotanto, massa- ja paperiteollisuus, sementin valmistus, raudan ja teräksen valmistus sekä lihatuotteiden valmistus. Näiden prosessien kasvihuonekaasupäästöt ovat suhteessa valtakunnallisiin määriin huomattavasti suuremmat kuin niiden tuottamat jätemäärät, joten tehostamisella ei saavutettaisi merkittäviä vähennyksiä jätemääriin.

On huomattavaa, että osa kohteista, jotka vaikuttavat vain ilmastonmuutokseen, on vähemmän vaikuttavia kuin sekä ilmastonmuutokseen että jätemääriin vaikuttavat tekijät. Esimerkiksi prosentin tehostaminen asuntojen sähkönkäytössä vähentäisi kasvihuonekaasupäästöjä 23 300 tonnia (23,3 kton) ja jätteitä 1 400 tonnia. Prosentin tehostaminen meijerituotteiden eläintuotteiden käytössä vähentäisi kasvihuonekaasupäästöjä 29 700 tonnia ja jätteitä 10 900 tonnia.

Taulukko 13. Toimialojen käyttämät panokset, joiden käytön tehostaminen vähentäisi ilmastovai-  
kutuksia, mutta ei jätettä. Herkkyyden on ilmaistu jätteiden ja kasvihuonekaasupäästöjen vähe-  
nemänä seurauksena yhden prosentin muutokselle panosten käytössä.

Tuottava toimiala	Käyttävä toimiala	Panosten käyttö	Jäteherkkyyden 1000 t	Ilmasto- herkkyyden kt CO <sub>2</sub> e
Sähkön tuotanto ja jakelu →	Asuntojen omis- tus ja vuokraus	603,1 M€	1,4 (58 % sähkön tuotanto ja jakelu)	23,3
Sähkön tuotanto ja jakelu →	Massan, paperin ja kartongin valmistus	444,3 M€	0,9 (58 % sähkön tuotanto ja jakelu)	17,4
Sähkön tuotanto ja jakelu →	Kauppa	420,6 M€	0,9 (58 % sähkön tuotanto ja jakelu)	16,2
Massan, paperin ja kartongin valmistus →	Massan, paperin ja kartongin valmistus	1 858,1 M€	4,3 (0,9 %)	14,9
Sementin, kalkin ja kipsin valmistus →	Betoni-, sement- ti- ja kipsituottei- den valmistus	81,0 M€	3,3 (0,7 %)	8,4
Teurastus sekä lihanjalostus ja lihan säilyvyyskäsittely →	Teurastus sekä lihanjalostus ja lihan säilyvyys- käsittely	472,6 M€	2,4 (0,5 %)	6,5
Raudan, teräksen ja rautaseosten valmistus (ECSC-tuotteet) →	Raudan, teräksen ja rautaseosten valmistus (ECSC-tuotteet)	426,4 M€	1,9 (0,4 %)	6,5
Sähkön tuotanto ja jakelu →	Muut yhteis- kunnalliset ja henkilökohtaiset palvelut	170,8 M€	0,3 (58 % sähkön tuotanto ja jakelu)	6,5

Kolmannen ryhmän muuttujia muodostaa joukko, jota tehostamalla vähennettäisiin elinkaarisia jätettä, mutta ei merkittävässä määrin kasvihuonekaasupäästöjä (taulukko 14). Keskeisenä tekijänä tässä ryhmässä on lannoitteiden valmistus ja käyttö kasvinviljelyssä, kotieläintaloudessa sekä metsätaloudessa. Tulosten perusteella tämän osajärjestelmän ongelmana on ennen kaikkea kemiallisten mineraalien louhinta ja sen tuottamat mineraalijätteet. Ketjua voidaan tehostaa monessa eri vaiheessa, kuten tehostamalla lannoitteiden käyttöä, lannoitteiden mineraalienkäyttöä, sekä louhinnan hyötysuhteita. Muita keskeisiä tekijöitä ovat metallimineraalien louhinta muihin kuin rautametalleihin, kemiallisten mineraalien käyttö peruskemikaalien valmistuksessa sekä maa- ja vesirakentamisen palveluiden käyttö posti ja telelii-  
kenteessä (posti- ja teleliikenne on merkittävin maa- ja vesirakentamispalveluiden ulkopuolinen käyttäjä). Näiden lisäksi kivituuotteiden käyttö talonrakennuksessa ja kivenlouhinta aiheuttaa merkittäviä mineraalijätettä, mutta vain vähäisesti kas-  
vihuonekaasupäästöjä.

Taulukko 14. Toimialojen käyttämät panokset, joiden käytön tehostaminen vähentäisi jätemääriä, mutta ei kasvihuonekaasupäästöjä. Herkkyys on ilmaistu jätteiden ja kasvihuonekaasupäästöjen vähenemänä seurauksena yhden prosentin muutokselle panosten käytössä.

Tuotettava toimiala	Käyttävä toimiala	Panosten käyttö	Jäteherkkyys 1000 t	Ilmastoherkkyys kt CO <sub>2</sub> e
Kemiallisten mineraalien louhinta →	Lannoitteiden ja typpiyhdisteiden valmistus	22,8 M€	63,4	0,2
Lannoitteiden ja typpiyhdisteiden valmistus →	Varsinainen kotieläintalous	74,9 M€	16,6	0,3
Metallimalmien louhinta →	Muiden kuin rautametallien valmistus	95,1 M€	14,7	0,6
Maa- ja vesirakentaminen →	Posti- ja teleliikenne	241,1 M€	14,2	1,3
Kemiallisten mineraalien louhinta →	Peruskemikaalien valmistus	4,7 M€	13,2	0,0
Lannoitteiden ja typpiyhdisteiden valmistus →	Lannoitteiden ja typpiyhdisteiden valmistus	59,4 M€	13,2	0,3
Lannoitteiden ja typpiyhdisteiden valmistus →	Kasvinviljely	58,8 M€	12,8	0,3
Kemiallisten mineraalien louhinta →	Kemiallisten mineraalien louhinta	4,3 M€	11,8	0,0
Muiden kuin rautametallien valmistus →	Muiden kuin rautametallien valmistus	476,0 M€	6,6	1,9
Lannoitteiden ja typpiyhdisteiden valmistus →	Muu metsätalous	27,3 M€	6,1	0,1
Kivituotteiden valmistus →	Talonrakentaminen	94,9 M€	6,1	0,3
Kivenlouhinta →	Sementin, kalkin ja kipsin valmistus	17,2 M€	5,7	0,1
Kivenlouhinta →	Raudan, teräksen ja rautaseosten valmistus (ECSC-tuotteet)	14,4 M€	4,7	0,1
Talonrakentaminen →	Asuntojen omistus ja vuokraus	1 875,9 M€	4,7	4,5

### 5.3

## Uusiutuvaksi energiaksi käytettävät jätevirrat

Osa tuotetuista jätevirroista on bioperäisiä ja uusiutuvia, jolloin niiden polttaminen ei lisää kasvihuonekaasupäästöjä. Toisaalta bioperäisten ja biohajoavien jakeiden päätyminen kaatopaikalle johtaa metaanipäästöihin, jotka kiihdyttävät ilmastonmuutosta. Tämän johdosta bioperäisten jätteiden käyttö fossiilisten polttoaineiden korvaamiseen olisi mielekästä.

Tilastojen perusteella suurin osa Suomessa tuotetuista bioperäisistä jätteistä käytetään jo nyt energiaksi (kuva 18). Vain pieni murto-osa jätteistä on bioperäisiä, mutta tällä hetkellä hyödyntämättömiä. Tämän johdosta fossiilisia polttoaineita ei voida merkittävässä määrin korvata nyt hyödyntämättömillä sivuvirroilla. Biohajoavien sivuvirtojen hyödyntämisessä suurin etu tulee metaanipäästöjen vähenemisestä.

## Ilmastoa kuormittavia raaka-aineita korvaavat jätevirrat

Raaka-aineiden korvaaminen sivutuotteita hyödyntämällä on yksi teollisten symbioosien pääperiaatteista (Chertow, 2000). Teollisissa symbiooseissa paikallisia toimijoita kannustetaan vaihtamaan keskenään tietoa tuottamistaan sivutuotteista, jolloin muut toimijat voivat katsoa, voisiko sivutuotteilla korvata jotain käytettyjä raaka-aineita (Chertow, 2007).

Koko maan tasolla tilastojen tarkkuus ei riitä jätelajien käytön tarkkaan tunnistamiseen. Esimerkiksi luokka "2.41 Muut suolajätteet" ei mahdollista jätteen mahdollisille käyttäjille hyötykäyttömahdollisuuksien tunnistamista, vaan tietojen vaihtoa pitäisi tapahtua yritystasolla, jolloin jätteen olomuoto, sijainti ja tarkka koostumus olisivat tiedossa. Tämän johdosta jätteiden todellista hyötykäyttöpotentiaalia ei tässä työssä kyetty arvioimaan. Seuraavassa esitetään ainoastaan pääperiaatteet, kuinka hyötykäyttöanalyysi olisi tehtävissä.

Tarkastelua helpottaa sen rajaaminen ilmastomuutoksen hillintään. ENVIMAT-tulosten (Seppälä ym., 2009) perusteella muutamat tuoteryhmät ovat erityisen kuormittavia ilmaston kannalta. Näitä tuoteryhmiä ovat ennen kaikkea sementti, rauta ja teräs, peruskemikaalit, lannoitteet, öljytuotteet, elintarvikkeet, massa- ja paperi sekä muut metallit. (Fossiiliset polttoaineet olivat tarkastelun ulkopuolella, sillä niiden korvaaminen arvioitiin edellisessä kappaleessa.) Mikäli näitä massavirtoja saataisiin korvattua jätevirtoja hyödyntämällä, voitaisiin hillitä ilmastomuutosta. Hyötykäyttöpotentiaaliin liittyvät haastattelut voisi siis keskittää yrityksiin, jotka valmistavat näitä tuotteita tai niitä korvaavia tuotteita.

Tarkastelun ytimen muodostaa jätteen hyödyntämismatriisi, jossa kuvataan, kuinka suuri osa tietyistä jätelajeista voisi olla käytettävissä ilmastoa kuormittavan tuotteen korvaamiseksi. Alkuvaiheessa taulukon voisi täyttää pelkästään jaolla, joka kuvaa voidaanko jätettä edes periaatteessa hyödyntää tuotteen korvaamiseksi (kuva 29). Lopullisena ratkaisuna voisi olla yksityiskohtaisempi jätelista, joka kuvaa paremmin jätteen alkuperän ja laadun, samoin kuin yksityiskohtaisempi listaus hyödyntämiskohteista.

Matriisin täyttäminen todenmukaisilla luvuilla vaatisi alueellista tarkastelua. Tämän toteuttamiseksi eräs keino on jätetilastojen yhdistäminen paikkatietoaineistoihin, jolloin jätteiden tuottajat ja mahdolliset hyödyntäjät voisivat tarkastella lähiseutujensa jätevirtoja. Menetelmästä on hyviä kokemuksia mm. Pennsylvaniasta (Doyle ja Pearce, 2009).

		Sementti	Rauta ja teräs	Peruskemikaalit	Lannoitteet	Öljytuotteet	Elintarvikkeet	Massa- ja paperi	Muut metallit
KÄYTÖSTÄ	07.73.1 Rakentamis- ja purkujätteet, jotka sisältävät PCB:tä	0	0	0	0	0	0	0	0
	08.11.0 Käytöstä poistetut henkilöautot	0	1	0	0	0	0	0	0
	08.12.0 Muut käytöstä poistetut ajoneuvot	0	1	0	0	0	0	0	0
	08.12.1 Muut käytöstä poistetut ajoneuvot	0	1	0	0	0	0	0	0
	08.21.1 Käytöstä poistetut suuret kotitalouslaitteet	0	1	0	0	0	0	0	0
	08.22.0 Käytöstä poistetut pienet kotitalouslaitteet	0	0	0	0	0	0	0	0
	08.23.0 Muut käytöstä poistetut sähkö- ja elektroniikkalaitteistot	0	0	0	0	0	0	0	1
	08.23.1 Muut käytöstä poistetut sähkö- ja elektroniikkalaitteistot	0	0	0	0	0	0	0	1
	08.31.0 Tilaa vievät kotitalouslaitteet	0	0	0	0	0	0	0	0
	08.41.0 Paristo- ja akkujätteet	0	0	1	0	0	0	0	0
	08.41.1 Paristo- ja akkujätteet	0	0	1	0	0	0	0	0
	08.42.0 Käytetyt katalysaattorit	0	0	0	0	0	0	0	1
	08.43.0 Muut koneiden ja laitteiden käytöstä poistetut osat	0	0	0	0	0	0	0	0
	08.43.1 Muut koneiden ja laitteiden käytöstä poistetut osat	0	0	0	0	0	0	0	0
ELÄIN- JA KOTI- JA PUUTUOTTEIDEN	09.11.0 Elintarvikkeiden valmistuksessa ja jalostuksessa syntyvät eläin	0	0	0	1	0	0	0	0
	09.12.0 Elintarvikkeiden valmistuksessa ja jalostuksessa syntyvät kasvi	0	0	0	1	0	0	0	0
	09.13.0 Elintarvikkeiden valmistuksessa ja jalostuksessa syntyvät sekä	0	0	0	1	0	0	0	0
	09.21.0 Kasvipäriset jätteet	0	0	0	1	0	0	0	0
	09.31.0 Lanta ja lietelanta	0	0	0	1	0	0	0	0
SEKALAISET	10.11.0 Kotitalous- ja niihin rinnastettavat jätteet	0	0	0	0	0	0	0	0

Kuva 29. Osoitus jätteen hyödynnysmatriisista, joka kuvaa, mitä tuotteita jätelajeilla voitaisiin periaatteessa korvata. Tarkemman arvion tekeminen maatasolla on erittäin haasteellista, mutta tarkastelua voitaisiin tehdä alueellisesti.

## 6 Innovaatioiden tärkeimmät kohdentamisalueet

Tutkimuksessa oli kolme ympäristönsuojellista näkökulmaa kansantalouden materiaalivirtoihin: dematerialisaatio, jätteiden vähentäminen ja hyötykäyttö sekä niiden kytkentä kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen.

### Dematerialisaatio

Koko kansantalouden tasolla materiaalitehokkuuden tunnuslukujen kääntäminen laskuun liittyy pitkälle teollisuusrakenteemme ja kulutustottumuksiemme muutokseen. Toisaalta merkittävänä vientimaana Suomen etuna olisi vaikuttaa kansainväliseen arviointitapaan siten, että kansantalouden materiaalitehokkuutta arvioitaisiin ennen kaikkea kulutuslähtöisesti eli siten että tuonnin elinkaarin materiaalikulutus lisätään kotimaiseen, mutta kokonaisuudesta poistetaan vientituotteiden elinkaarin materiaalinkulutus. Tässä työssä ei ole arvioitu Suomen vientiteollisuuden materiaalitehokkuutta suhteessa muihin maihin, joten ei voida arvioida, miten toimialakohtaisten materiaalitehokkuustavoitteiden asettaminen vaikuttaisi Suomen kokonaisuuden materiaalitehokkuuteen.

Toisessa luvussa pureuduttiin Suomen korkeaan materiaalinkulutukseen ja sen keskeisiin syntytekijöihin. Tulosten perusteella merkittävä osa etenkin ulkomailta tuodusta materiaalista käytetään vientituotteiden valmistukseen. Samoin Suomesta korjattu puu jalostetaan lähinnä vientiin. Tätä materiaalinkulutusta ohjaa siten ulkomailla oleva kysyntä, mikä tekee sen vähentämisen vaikeaksi. Mikäli Suomi vähentäisi vientiään, mutta kysyntä säilyisi samana, materiaalinkulutus siirtyisi muihin tuottajamaihin. Toisaalta kysyntä ja viennin arvo ei välttämättä ole riippuvainen tuotteiden materiaali-intensiteetistä vaan laajemmin niiden ominaisuuksista, jolloin materiaali-intensiteetin pienentäminen voi tuoda vientiteollisuudelle merkittävän tuottavuus- ja kilpailuedun. Toinen suuri tekijä materiaalinkulutuksessa on rakentaminen kotimaassa ja siinä käytetyt maamassat. Näiden vähentäminen on mahdollista Suomen tuotantorakennetta, kulutusta ja investointeja ohjaamalla. Tarvittavat innovaatiot ovat sekä teknologisia, rakennusmenetelmiin liittyviä, että systeemisiä. Esimerkiksi asumisen, yhdyskuntien ja liikkumisen suunnittelu vaikuttaa suurelta osin tulevaan tiestön ja rakennusten tarpeeseen.

Materiaalitehokkuuden parantamisen merkittävät keinot vaihtelevat toimialoittain. Suurien suorien materiaalinkäyttäjien (esimerkiksi maa- ja vesirakentamisen hiekan ja murskeen otto) kohdalla on tärkeää parantaa resurssien hankinnan hyötysuhdetta esimerkiksi sivukiveä ja hakkuutähteitä tuotteiksi jalostamalla, eli jätteiden syntyä vähentämällä. Materiaalinkulutukseltaan suurien lopputuotteiden osalta (esimerkiksi talonrakennus) kulutuksen rakenteen muutokset vaikuttavat tehokkaimmin koko materiaalitehokkuuteen. Välittävien toimialojen (esimerkiksi sementin tai lannoituksen) kohdalla suurimmat hyödyt saavutetaan panosten käyttöä tehostamalla, kohdentaen tehostaminen ennen kaikkea elinkaarisesti kuormittavimpiin panoksiin.



Dematerialisaation saavuttaminen Suomen kansantaloudessa on äärimmäisen haasteellista. Koska suuri osa materiaalinkulutuksesta on vientituotteisiin sitoutunutta puuta ja metallia sekä niiden piilovirtoja, dematerialisaation aikaansaamiseksi pitäisi vaikuttaa vientimaiden kysyntään. Tämä olisi mahdollista innovoimalla vähän materiaalipanoksia vaativia vientituotteita, jotka vähentäisivät metallien ja paperin kokonaiskysyntää. Muutosprosessi olisi kuitenkin erittäin haasteellinen kansantaloudelle, sillä suuri osa tuotantoketjujen työllisyydestä on raaka-aineiden hankinnassa vaikka arvonalisäys on jatkojalostuksessa (ENVIMAT, 2009). Vaikka viennin arvo voidaan säilyttää samana erikoistumalla esimerkiksi kalliimpiin, mutta materiaaliniukempiin tuotteisiin, perusraaka-aineiden kysyntä ja niitä tuottavien toimialojen tuotanto supistuu. Ongelma on yhteinen kaikille maille, joissa merkittävä osa taloudesta perustuu materiaali-intensiiviseen vientiin. Esimerkiksi Saksan taloudella tehtyjen laskelmien mukaan dematerialisaatio johtaisi merkittävään työttömyyteen ja bruttokansantuotteen menetykseen viennin supistuessa (Nathani, 2010). Toisaalta ympäristöteknologia ja innovatiiviset tuotteet on arvioitu yhdeksi Saksan talouden merkittävimmistä kasvualoista materiaali-intensiivisten alojen kuten autoteollisuuden hiipuesssa (BMU, 2006). Vanhojen toimialojen hiipumisen ja uusien syntymisen vertailu on talouden tasolla ollut varsin vaikeaa, koska historialliseen aineistoon perustuvat taloudelliset mallit eivät pysty ennustamaan uusien toimialojen ja tuotteiden vaikutuksia. Dematerialisaation laajempi toteuttaminen vaatii innovointia siitä, miten kansantalouden toiminta kyetään turvaamaan ja miten siirtyminen toiselle kehitysuralle toteutetaan.

Maiden välisellä yhteistyöllä saavutettu dematerialisaatio aiheuttaisi laajoja järjestelmätason muutoksia. Perinteiset taloudelliset simulaatiomallit ja tässä työssä sovellettu panos-tuotos menetelmä eivät sovellu enää niiden arviointiin, sillä toimialojen vuorovaikutussuhteet poikkeaisivat merkittävästi historiallisesti havaitusta. Järjestelmätasoisien (ts. jossa mukana kaikki toimijatahot) dematerialisaation tutkiminen vaatisi skenaarioiden muodostamista (joissa voidaan huomioida uusien, materiaaliniukkojen tuotteiden ja palvelujen vaikutus). Joitain dematerialisaatioskenaarioita on tehty esimerkiksi Australialle (Schjal ja Turner, 2009), mutta tulokset ovat ristiriitaisia. Rajutkaan toimenpiteet (kuten kaivosteollisuuden alasajo, kasvisruokavalio ja asuntojen koon rajoittaminen 1950-luvun tasolle) eivät välttämättä vähennä materiaalinkulutusta, mikäli väestönkasvua ei saada hillittyä. Lisäksi monet toimet saattavat johtaa ns. *rebound*-ilmiöihin, joissa lisääntynyt tehokkuus johtaakin nousseisiin ympäristövaikutuksiin muun materiaali-intensiivisen kulutuksen lisääntyessä. Monet näistä mekanismeista ovat ennustamattomia, mikä rajoittaa ennustemallien (*forecasting*) käyttöä.

Ratkaisuksi järjestelmätason muutosten arviointiin on esitetty toivotusta lopputilasta taaksepäin suuntautuvaa kehityskulun hahmotusta (*backcasting*) (Robinson, 1982). (Menetelmää on hiljattain sovellettu Euroopan Unionin rahtiliikenteen ennakoihin kestäväystarkasteluihin (<http://www.freightvision.eu>). Tähän liittyen keskeinen innovaatiotarve on realististen dematerialisaatiotulevaisuuksien tarkastelu. Miltä yhteiskunta näyttää, mikäli materiaalinkulutus saadaan pudotettua kymmenesosaan (ns. *Factor 10* tavoite) (Hinterberger ja Schmidt-Bleek, 1999)? Mikä on hyväksyttävä työllisyysaste ja miten talouden toiminta järjestetään? Miten turvataan muut kestävyyskriteerit? Näihin kysymyksiin ei voida vastata simulaatiomalleilla, mutta panos-tuotos menetelmän tyyppisillä järjestelmätarkasteluilla voidaan varmistaa että keskeiset kokonaisuudet huomioidaan ja myös epäsuorat vaikutukset sisällytetään tarkasteluun. Lisäksi nykytilan tarkastelu muodostaa tietopohjan tulevaisuuden skenaarioinnille.

Koska panos-tuotos menetelmän käyttö järjestelmätason suunnitelmallisen dematerialisaation tarkasteluun koettiin rajalliseksi, raportin muut luvut keskittyivät nykytilan hahmottamiseen etenkin jätteen ja ilmastomuutoksen näkökulmasta. Tavoitteena oli tunnistaa ne lyhyen aikajänteen tehostamiskohteet joiden avulla voi-



taisiin vähentää jätteiden hävikkiä ja kasvihuonekaasupäästöjä. Samalla parannettaisiin materiaalitehokkuutta, vaikka ei saavutettaisikaan varsinaista yhteiskunnan dematerialisaatiota.

## Jätteiden synnyn ehkäisyn ja hyötykäytön lisääminen

Yleisesti ottaen Suomen teollisuuslaitoksia pidetään kansainvälisesti katsottuna resurssitehokkaina eli raaka-aineet pystytään prosessoimaan energia- ja materiaalitehokkaasti ja jätettä syntyy omaan toimialaan nähden vähän tai kohtalaisesti. Jätteiden synnyn ehkäisyä on pystytty tehostamaan ja hyötykäyttöä lisäämään aikojen kuluessa. Toisaalta teollisuudessamme löytyy edelleen selvästi tunnistettavia jätelajeja, joiden synnyn ehkäisyyn tai hyödyntämiseen kaivataan uusia innovaatioita. Tässä työssä tehdyn kyselyn perusteella runsaasti materiaaleja käytävillä teollisuustoimialoilla näitä ongelma-alueita löytyy muun muassa seuraavasti:

- Elintarviketeollisuus: eloperäiset jätteet
- Kaivannaisteollisuus: sivukivet
- Massa- ja paperiteollisuus: soodasakka, tuhkat
- Lannoitteiden valmistus: pasute, kipsi
- Rauta- ja terästeollisuus: sivuvirrat
- Muu metallien valmistus: hienokuona, raekuona, prosessisakat, jarosiitti
- Talonrakennus: korjausrakentamisen sekajäte
- Maa- ja vesirakentaminen: käyttökelpoiset materiaalit, jotka on luokiteltu jätteeksi
- Kauppa: eloperäiset jätteet, pakkausmateriaalit

Luvun kolme tulosten perusteella massamääriltään suurimmat kaatopaikalle menetetyn materiaalin sivuvirrat aiheutuvat vientituotteiden valmistuksesta, infrastruktuurin rakentamisesta sekä muista kiinteistä investoinneista. Kaatopaikkajätteitä syntyy kaivannaisten ja kiviaineksen louhinnassa, maamassojen siirtelystä maa- ja vesirakentamisessa sekä lannoitteiden valmistuksessa. Maa- ja vesirakentamisen osalta keskeinen innovaatiotarve on ylijäämämaa-ainesten ohjaaminen hyötykäyttöön. (Toisaalta maamassojen käytön määrään vaikutetaan yhteiskunnallisilla innovaatioilla, joilla ylipäättänsä vähennetään väylärakentamisen tarvetta.) Toimialahaastattelujen perusteella ongelmalliseksi koettiin etenkin savi sekä maa-aineksen jäteluokituksen aiheuttamat seuraamukset hyötykäytön kannalta. Nopeat testausmenetelmät, joilla voitaisiin varmistua sivujakeen haitattomuudesta, nopeuttaisivat hyötykäyttöä. Lisäksi massan suuri tilavuus ja alhainen hinta estävät pitkät kuljetukset. Innovaatiotarpeena on siis löytää maa-aineksille hyötykäyttöä, jolla saataisiin samalla vähennettyä materiaalinkulutusta ja ilmastonmuutosta.

Biohajoavat jätteet hyödynnetään kokonaisuudessaan melko hyvin. Tehostamiskohteita löytyy lähinnä kotitalouksien sekajätteiden mukana kaatopaikalle pääseissä biojätteissä sekä jätetuollon läpi kulkevilla puujätteillä. Vaikka materiaalin sivuvirrat ovat pieniä kokonaisuuden kannalta, näihin virtoihin puuttamalla saataisiin vähennettyä kaatopaikoilta vapautuvia kasvihuonekaasuja ja mahdollisesti tuotettua uusiutuvaa bioenergiaa, mikä puolestaan vähentäisi fossiilisten polttoaineilla tehdyn energian määrää. Materiaalivirtojen hajanaisuuden vuoksi tulisi innovoida hajautettuja biojätteen hyödyntämisyjärjestelmiä, jotta biomassojen siirtely ei muodostu kohtuuttomaksi.

Kotitalouksien suora asumisjäte on vain noin 17 % kotitalouksien kulutuksen elinkaarisesta jätetalan jäljellä. Asumiseen ja kaupan palveluihin liittyvät rakentamisen sivuvirrat sekä elintarvikkeiden valmistuksen jätteet muodostavat valtaosan jätetalan jäljellä. Asumiseen liittyvä tehostuminen liittyy aiemmin mainittuun rakennusmenetelmien innovaatiotarpeeseen. Korjausrakentamisella vaikuttaa sekä materiaalinkulutukseen että jätetalan jälkeen huomattavasti. Samalla kuitenkin vai-

kutetaan myös ilmastonmuutokseen energiankulutuksen kautta. Suunnittelijat ovat tämän kulutuksen ohjauksessa avainasemassa, joten elinkaarista tietoa tulisi saada helpokäyttöisesti heidän käyttöönsä.

Elintarvikkeiden merkittävä osuus kotitalouksien jätteiden jätteenjäljestä johtuu lannoitteissa käytetyistä louhostuotteista. Fosforilannoitteiden valmistuksessa syntyy merkittäviä määriä sivukiveä. Tämän vähentämiseksi luonnonmukaisen maatalouden edistäminen ja kierrätyslannoitteiden (lihaluujauho, komposti, tms.) käytön lisääminen olisivat keskeisiä toimenpiteitä. Fosforin kierron sulkeminen ja hyötykäytön parantaminen olisivat tässä keskeisiä keinoja materiaalitehokkuuden ja jätteen synnyn ehkäisyyn. Samalla vaikutettaisiin luonnonvarana ehtyvän fosforin riittävyyteen sekä vesistöjen rehevöitymiseen. Jätteenjäljen käyttö neuvonnallisena indikaattorina saattaisi kannustaa kuluttajia suosimaan luonnonmukaista tuotantoa. Luonnonmukaisen tuotannon lisääntyminen ja jatkokehittäminen voisi parantaa sivutuotteiden hyötykäyttöä, jos sen ravinnehuolto perustuu kierrätyslannoitteisiin, kuoniin ja tuhkiin sekä sivukivijauheisiin.

### **Materiaalitehokkuuden ja jätteiden vähentämisen mahdollisuudet ilmastonmuutoksen hillinnässä**

Eri toimialojen materiaalitehokkuuteen ja aiheutettuihin ympäristövaikutuksiin on mahdollista vaikuttaa merkittävästi muutamalla käytettävien tuotantopanosten suhteita, tehostamalla niiden käyttöä tai korvaamalla jotkut tuotantopanokset uusilla vähemmän kuormittavilla panoksilla. Kuormittavuudeltaan merkittäviä panoksia sekä jätteiden että ilmastonmuutoksen kannalta olivat eläintuotteiden käyttö meijerteollisuudessa sekä lihanjalostuksessa, sementin käyttö rakennuksissa sekä maa- ja vesirakentamisen sisäiset tuotevirrat. Näissä kohteissa prosesseja parantamalla ja raaka-aineita muuttamalla voitaisiin vähentää koko kansantalouden jätemääriä ja kasvihuonekaasupäästöjä. Tämän johdosta ne ovat keskeisiä teknologisen innovaation kohteita. Louhintatuotteiden käyttöä tehostamalla voidaan vaikuttaa jätemääriin, mutta ei juurikaan kasvihuonekaasuihin.

Vaikka maa- ja vesirakentamisen suurilla materiaalivirroilla ei ole suoraa kytkentää kasvihuonekaasupäästöihin, niillä on merkittävää välillistä vaikutusta kasvihuonekaasupäästöihin. Mitä parempi tieverkosto Suomessa on, sitä houkuttelevampaa on lisätä autoilua ja siirtää tavarakuljetusta maantielle.

Rakennusmateriaalien valmistuksessa olisi hyvä ratkaisu korvata sementtiä jättejakeilla, jolloin vähennettäisiin sekä kalkin käyttöä, hiekan ja saven ottoa että hyödyntämättömän jätteen syntyä muilla toimialoilla. Erityisesti rauta- ja terästeollisuuden kuonien käyttö sementin valmistuksessa korvaa kalkin käyttöä, mikä pienentää merkittävästi sementin valmistuksen kasvihuonekaasupäästöjä. Tällä hetkellä kaikkea käyttökelpoista kuonapohjaista sementtiä ei voida kuitenkaan käyttää sementin valmistuksessa, koska rakennusyritykset vierastavat tätä sementtiä sen hieman pitemmän kuivumisajan takia. Sementin korvaaminen myös puurakenteilla aiheuttaisi pienemmän kasvihuonekaasupäästön, koska tällöin välttyttäisiin sementin valmistuksen päästöiltä ja lisättäisiin bioperäisen hiilen varastoja rakennuksissa.

Joidenkin arvioiden mukaan noin 10 % kotitalouteen ostetuista elintarvikkeista päättyy jätteeksi (Katajajuuri ja Vinnari, 2008). Noin kolmannes kotitalouksien biojätteestä on YTV alueella ruokajätettä (Tarvainen, 2009). Mikäli häviöt muissa ketjun osissa, kuten ravintoloissa ja kaupassa, otetaan huomioon, hävikkien osuus koko ruuantuotannosta voi olla jopa 25 % (Järvenpää 2010). Jos tämä hävikki saataisiin poistettua, vaikutukset ruuantuotannon kokonaiskysyntään olisivat merkittäviä, samoin vältetyt ympäristövaikutukset.

Toimivien keinojen löytäminen etenkin kuluttajien biojätteiden vähentämiseen ovat haasteellisia, koska kohderyhmänä on noin 2,5 miljoonaa kotitaloutta, joilla on erilaiset elintavat ja arvot.

ENVIMAT-mallin avulla voidaan kuitenkin hahmotella, mitä tapahtuisi, jos ruokajätettä ei enää tuotettaisi. Mikäli oletetaan, että ruokahävikki vähenisi 10 %, eli hukkaan menisi enää 0–15 % elintarvikkeista, ja että tämä säästö korvaisi kotitalouksien ruokaostoja tasaisesti kaikissa elintarvikeryhmissä, voidaan antaa karkea arvio vaikutusten suuruusluokasta. Kotitalouksien elintarvikkeiden ostot vähenisivät 10 %. Mikäli tämä johtaisi tuotannon vähenemiseen samassa suhteessa, kotimaiset kasvihuonekaasupäästöt vähenisivät 420 000 t CO<sub>2</sub>e, kotimainen materiaalinkulutus vähenisi 1,3 miljoonaa tonnia ja maankäyttö 140 000 ha. Samalla kuitenkin työttömäksi jäisi yli 8 000 ihmistä ja bruttokansantuote alenisi noin 300 M€, kun ruuantuotanto supistuisi. Toisaalta säästyneet rahat ruokaketjun muissa vaiheissa mahdollistavat uusien työpaikkojen syntymisen muualla (samoin kuin lisääntyneet materiaali- ja ilmastovaikutukset), minkä takia kokonaistyöllisyysvaikutuksia on vaikea ennustaa.

Toisaalta vapautuneella maa-alalla voitaisiin tuottaa esimerkiksi bioenergiaa maatalouden omaan tai yhteiskunnan muuhun käyttöön. Rypsidieselin potentiaalilla laskettuna tällä voitaisiin kattaa noin 20 % maatalouden liikennepolttoaineiden käytöstä. Sivutuotteena syntyvä rypsirouhe korvaisi soijaa. Muilla bioenergiamuodoilla energiantuotto voisi olla suurempaa ja kasvihuonekaasutase parempi. Tässä tapauksessa jätteiden synnyn ehkäisy ja tuotannon uudelleenohjaus olisi tehokkaampaa, kuin ruokajätteiden talteenotto ja jalostaminen energiaksi.

## Tulevaisuuden tarkastelutarpeista

Järjestelmätason tarkastelut jätevirtojen synnystä, kasvihuonekaasupäästöistä ja materiaalinkulutuksesta muodostavat hyvän pohjan innovaatiotarpeiden tunnistamiselle. Tarkasteluun jäi kuitenkin tämän työn puitteissa puutteita. Aineiston rajallisuuden vuoksi tarkastelu rajattiin ainoastaan materiaaliveirtoihin, jolloin kansantalouden materiaaliveirastot jäivät tarkastelun ulkopuolelle. Kansantalouteen on kuitenkin kertynyt vuosikymmenien aikana merkittäviä materiaaliveirastoja, jotka vaikuttavat tulevaisuudessa sekä jätteiden syntyyn että käytettävissä oleviin kierrätysraaka-aineisiin. Esimerkkinä tällaisesta materiaaliveirastosta voi mainita kaatopaikoille päätyneen metallin tai olemassa olevan rakennuskannan. Tämä olisi keskeistä taustatietoa myös tulevaisuusskenaarioiden tarkastelulle (Spatari ym., 2002, 2003). Jätteiden hyötykäytön tilastoinnin taso ei myöskään mahdollistanut jätteiden tuotannon ja käytön kunnollista kytkemistä. Tähän liittyvällä jatkotyöllä voitaisiin tunnistaa, millä jätevirroilla on potentiaalia korvata nykyisiä raaka-aineita. Jätteiden syntyä koskevan tiedon kytkeminen paikkatietojärjestelmiin lisäisi hyötykäyttöä etenkin maarakentamisessa, jossa nopeat aikataulut ja kuljetuksen kalleus rajoittavat massojen varastointia ja siirtoa.

Keskeisin rajoite ja samalla tarve innovaatioille tässä työssä oli sen rajallisen mahdollisuudet suurten järjestelmätason muutosten ennustamiseen. Vaikka tarkasteltiin kansantaloutta kokonaisuutena, sen osien välisiä yhteyksiä ei saatu kokonaan tarkasteluun. Esimerkiksi maa- ja vesirakentamisen kysyntä ei ole itsenäinen tarve, vaan se liittyy kansalaisten liikkumistottumuksiin, asumisrakenteeseen ja infrastruktuurin uusimiseen. Laajempien systeemisten muutosten tarkastelu vaatisi innovaatioita siitä, millainen on kestävä elämäntapa ja millaista yhteiskuntaa kohti pyritään. Tämän perusteella voitaisiin luonnostella panos-tuotos malleja tulevaisuudesta, jolloin voitaisiin arvioida laajempia muutoksia kuin mihin nykytilan kartoitus antaa mahdollisuuden.

## KIRJALLISUUS

- BMU, 2006. Ecological industrial policy. Memorandum for a "new deal" for the economy, environment and employment, Environmental Innovation. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, Berlin.
- Chertow, M., 2000. Industrial symbiosis: literature and taxonomy. *Annual review of energy and environment* 25, 313–337.
- Chertow, M., 2007. Uncovering industrial symbiosis. *Journal of Industrial Ecology* 11, 11–30.
- Doyle, W., Pearce, J.M., 2009. Utilization of Virtual Globes for Open Source Industrial Symbiosis. *Open Environmental Sciences* 3, 88–96.
- ENVIMAT 2009. Ympäristölaajennettu panos-tuotos -malli. Julkaisematon mallin tietoaaineisto. Thule-instituutti, Oulu.
- Eurostat, 2010. Waste Database. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/waste/data/database> Viitattu 29.4.2010
- Hashimoto, S., 2009. A Junkan-Gata Society: Concept and Progress in Material Flow Analysis in Japan. *Journal of Industrial Ecology* 13, 655–657.
- Heijungs, R., Suh, S., 2002. The computational structure of life cycle assessment. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Alankomaat.
- Hinterberger, F., Schmidt-Bleek, F., 1999. Dematerialization, MIPS and Factor 10 physical sustainability indicators as a social device. *Ecological Economics* 29, 55–58.
- Järvenpää, Markku. 2010. Näkökulmia elintarvikeketjun energiakysymyksiin Ympäristövastuullista liiketoimintaa elintarvikeketjussa, Esitys Foodtec-ympäristöseminaari, Messukeskus, Helsinki 21.9.2010.
- Katajajuuri, J., Vinnari, M., 2008. Jokapäiväinen leipämme, in: Portin, A. (Ed.), Kaikesta jää jälki: puheen-vuoroja ympäristöä säästävistä valinnoista. Avain, Helsinki, pp. 132–161.
- Lenzen, M., 2003. Environmentally important paths, linkages and key sectors in the Australian economy. *Structural Change and Economic Dynamics* 14, 1–34.
- Myllymaa, T., Moliis, K., Tohka, A., Isoaho, S., Zevenhoven, M., Ollikainen, M. ja Dahlbo, H. 2008, Jätteiden kierrätyksen ja polton ympäristövaikutukset ja kustannukset – jätehuollon vaihtoehtojen tarkastelu alueellisesta näkökulmasta. Suomen ympäristö 39/2008. Helsinki.
- Mäenpää, I., Härmä, T., Rytönen, T., Merilehto, K., Sokka, L., Espo, J. ja Kaplas, M. 2006. Jätevirrat ja jäteintensiteetin muutos Suomen taloudessa 1997–2003. Suomen ympäristö 44.
- Nakamura, S., Kondo, Y., 2009. Waste Input-Output Analysis: Concepts and Application to Industrial Ecology, 1st ed. Springer.
- Nathani, C., 2010. Analysing the economic impacts of a material efficiency strategy. Teoksessa Suh, S. (toim.) Handbook on input-output economics in industrial ecology. Springer: Berlin.
- Robinson, J.B., 1982. Energy backcasting A proposed method of policy analysis. *Energy policy* 10, 337–344.
- Rytönen, T. Suomen ympäristökeskus. VAHTI-aineiston edustavuuskysymykset. Suullinen tiedonanto 24.9.2010.
- Schandl, H., Turner, G., 2009. The Dematerialization Potential of the Australian Economy. *Journal of Industrial Ecology* 13, 863–880.
- Seppälä, J., Mäenpää, I., Koskela, S., Mattila, T., Nissinen, A., Katajajuuri, J.M., Härmä, T., Korhonen, M.R., Saarinen, M., Virtanen, Y., 2009. Suomen kansantalouden materiaalivirtojen ympäristövaikutusten arviointi ENVIMAT-mallilla. Suomen ympäristö 20/2009, Ympäristöministeriö.
- Spatari, S., Bertram, M., Fuse, K., Graedel, T.E., Rechberger, H., 2002. The contemporary European copper cycle: 1 year stocks and flows. *Ecological Economics* 42, 27–42.
- Spatari, S., Bertram, M., Fuse, K., Graedel, T.E., Shelov, E., 2003. The contemporary European zinc cycle: 1-year stocks and flows. *Resources, Conservation and Recycling* 39, 137–160.
- Suh, S., 2009. Handbook of Input-Output Economics in Industrial Ecology, 2nd ed. Springer.
- Tarvainen, M., 2009. Rokka rikassa – ruokajätetutkimukset ja pääkaupunkiseudun lapsiperheiden ruokajätteet. YTV:n julkaisuja 25/2009.
- Tilastokeskus 2010a. Kansantalous. Bruttokansantuote markkinahintaan. Saatavissa osoitteesta: [http://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk\\_kansantalous.html](http://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk_kansantalous.html). Viitattu 24.9.2010.
- Tilastokeskus 2010b. Yhdyskuntajätteet Suomessa käsitteletavoittain. Saatavissa osoitteesta: [http://pxweb2.stat.fi/database/statfin/ymp/jate/jate\\_fi.asp](http://pxweb2.stat.fi/database/statfin/ymp/jate/jate_fi.asp). Viitattu 24.9.2010.
- Työ- ja elinkeinoministeriö TEM 2010. Tiedotteet 2009. Yritysten määrä kasvoi edelleen vuonna 2008. Saatavissa osoitteesta: [http://www.tem.fi/index.phtml?98603\\_m=97185&s=3804](http://www.tem.fi/index.phtml?98603_m=97185&s=3804). Viitattu 24.9.2010.
- Väestörekisterikeskus 2010. Suomen asukasluvut vuosittain. Saatavissa osoitteesta: [www.vaestorekisterikeskus.fi](http://www.vaestorekisterikeskus.fi). Viitattu 24.9.2010.
- Yuan, Z., Bi, J., Moriguchi, Y., 2006. The Circular Economy: A New Development Strategy in China. *Journal of Industrial Ecology* 10, 4–8.

## Keskeisimmät eri jätejakeita aiheuttavat toimialat

Taulukko 1. Kemiallisia jätteitä tuottavat toimialat.

Toimiala	Määrä, 1000 t	Toimialan osuus jätteen kokonais- määrästä
241 Peruskemikaalien valmistus	864,7	56 %
211 Massan, paperin ja kartongin valmistus	437,5	28 %
274 Muiden kuin rautametallien valmistus	40,8	3 %
Kotitaloudet	33,6	2 %
232 Öljytuotteiden ym. valmistus	31,5	2 %
<b>Kemialliset jätteet yhteensä</b>	<b>1 558</b>	<b>90 %</b>

Taulukko 2. Metallijätteitä tuottavat toimialat.

Toimiala	Määrä, 1000 t	Toimialan osuus jätteen kokonais- määrästä
274 Muiden kuin rautametallien valmistus	315,3	35 %
451 Talonrakentaminen	220,0	24 %
275 Metallien valu	77,0	8 %
201 Puun sahaus, höyläys ja kyllästys	46,4	5 %
401 Sähkön tuotanto ja jakelu	36,3	4 %
211 Massan, paperin ja kartongin valmistus	31,4	3 %
287 Muu metallituotteiden valmistus	24,7	3 %
271 Raudan, teräksen ja rautaseosten valmistus (ECSC-tuotteet)	24,2	3 %
311 Sähkömoottorien, -generaattorien ja -muuntajien valmistus	19,8	2 %
351 Laivojen ja veneiden valm. ja korj.	15,8	2 %
Kotitaloudet	14,0	2 %
<b>Metallijätteet yhteensä</b>	<b>907</b>	<b>91 %</b>

Taulukko 3. Lasijätteitä tuottavat toimialat.

Toimiala		Määrä, 1000 t	Toimialan osuus jätteen kokonais- määrästä
261	Lasin ja lasituotteiden valmistus	89,1	34 %
	Kotitaloudet	58,7	23 %
451	Talonrakentaminen	38,0	15 %
500	Kauppa	24,4	9 %
851	Terveydenhuoltopalvelut	6,1	2 %
800	Koulutus	5,4	2 %
159	Juomien valmistus	4,9	2 %
268	Muu ei-metallisten mineraalituotteiden valmistus	3,9	2 %
853	Sosiaalipalvelut	3,7	1 %
	<b>Lasijätteet yhteensä</b>	<b>258</b>	<b>91 %</b>

Taulukko 4. Paperi- ja pahvijätteitä tuottavat toimialat.

Toimiala		Määrä, 1000 t	Toimialan osuus jätteen kokonais- määrästä
211	Massan, paperin ja kartongin valmistus	370,8	41 %
	Kotitaloudet	183,7	21 %
500	Kauppa	76,4	9 %
401	Sähkön tuotanto ja jakelu	44,0	5 %
222	Painaminen ja painamista palveleva toiminta	41,4	5 %
2415	Lannoitteiden ja typpiyhdisteiden valmistus	22,3	2 %
212	Paperi- ja kartonkituotteiden valmistus	20,6	2 %
851	Terveydenhuoltopalvelut	19,2	2 %
800	Koulutus	16,8	2 %
853	Sosiaalipalvelut	11,4	1 %
	<b>Paperi- ja pahvijätteet yhteensä</b>	<b>895</b>	<b>90 %</b>

Taulukko 5. Muovi- ja kumijätteitä tuottavat toimialat.

Toimiala	Määrä, 1000 t	Toimialan osuus jätteen kokonais- määrästä
Kotitaloudet	22,8	22 %
401 Sähkön tuotanto ja jakelu	13,2	12 %
252 Muovituotteiden valmistus	13,1	12 %
500 Kauppa	9,5	9 %
211 Massan, paperin ja kartongin valmistus	8,6	8 %
251 Kumi- ja kumituotteiden valmistus	4,9	5 %
274 Muiden kuin rautametallien valmistus	4,8	4 %
159 Juomien valmistus	3,7	4 %
151 Teurastus sekä lihanjalostus ja lihan säilyvyyskäsittely	3,7	4 %
222 Painaminen ja painamista palveleva toiminta	2,4	2 %
851 Terveystieteiden palvelut	2,4	2 %
800 Koulutus	2,1	2 %
<b>Muovi- ja kumijätteet yhteensä</b>	<b>106</b>	<b>90 %</b>

Taulukko 6. Puujätteitä tuottavat toimialat.

Toimiala	Määrä, 1000 t	Toimialan osuus jätteen kokonais- määrästä
201 Puun sahaus, höyläys ja kyllästys	4 893	34 %
211 Massan, paperin ja kartongin valmistus	3 508	25 %
0211 Metsän kasvatusta	1 890	13 %
202 Vanerin ja muiden puulevyjen valmistus	1 746	12 %
401 Sähkön tuotanto ja jakelu	1 066	7 %
<b>Puujätteet yhteensä</b>	<b>14 255</b>	<b>92 %</b>

Taulukko 7. Romuajoneuvoja aiheuttavat toimialat.

Toimiala	Määrä, 1000 t	Toimialan osuus jätteen kokonais- määrästä
Kotitaloudet	73,5	49 %
500 Kauppa	30,5	21 %
851 Terveystieteiden palvelut	7,7	5 %
800 Koulutus	6,7	5 %
853 Sosiaalipalvelut	4,6	3 %
553 Ravitsemistoiminta	4,6	3 %
710 Liike-elämää palveleva toiminta	3,1	2 %
640 Posti- ja teleliikenne	2,1	1 %
<b>Romuajoneuvot yhteensä</b>	<b>149</b>	<b>95 %</b>

Taulukko 8. Elektroniikkaromuja tuottavat toimialat.

Toimiala		Määrä, 1000 t	Toimialan osuus jätteen kokonais- määrästä
	Kotitaloudet	15,2	37 %
274	Muiden kuin rautametallien valmistus	8,8	21 %
500	Kauppa	6,3	15 %
851	Terveystuotepalvelut	1,6	4 %
800	Koulutus	1,4	3 %
853	Sosiaalipalvelut	0,9	2 %
553	Ravitsemistoiminta	0,9	2 %
710	Liike-elämää palveleva toiminta	0,6	2 %
640	Posti- ja teleliikenne	0,4	1 %
211	Massan, paperin ja kartongin valmistus	0,4	1 %
750	Julkinen hallinto, maanpuolustus, pakollinen sosiaalivakuutus	0,4	1 %
551	Majoitustoiminta	0,3	1 %
604	Tieliikenteen tavarankuljetus	0,3	1 %
	<b>Elektroniikkaromu yhteensä</b>	<b>41</b>	<b>90 %</b>

Taulukko 9. Eläin- ja kasvisjätteitä tuottavat toimialat.

Toimiala		Määrä, 1000 t	Toimialan osuus jätteen kokonais- määrästä
157	Eläinten ruokien valmistus	201,0	21 %
151	Teurastus sekä lihanjalostus ja lihan säilyvyyskäsittely	144,5	15 %
156	Myllytuotteiden ja tärkkelyksen valmistus	108,7	12 %
	Kotitaloudet	88,1	9 %
0121	Varsinainen kotieläintalous	80,0	8 %
159	Juomien valmistus	52,8	6 %
0111	Kasvinviljely	40,0	4 %
500	Kauppa	36,6	4 %
211	Massan, paperin ja kartongin valmistus	22,7	2 %
0112	Puutarhatalous	20,0	2 %
153	Hedelmien, marjojen ja vihannesten jalostus ja säilöntä	18,5	2 %
158	Muu elintarvikkeiden valmistus	18,0	2 %
401	Sähkön tuotanto ja jakelu	12,7	1 %
	<b>Eläin- ja kasvijätteet yhteensä</b>	<b>942</b>	<b>90 %</b>



Taulukko 10. Kotitalous- ja sekajätteitä tuottavat toimialat.

Toimiala		Määrä, 1000 t	Toimialan osuus jätteen kokonais- määrästä
	Kotitaloudet	691,0	35 %
500	Kauppa	287,2	15 %
451	Talonrakentaminen	220,0	11 %
401	Sähkön tuotanto ja jakelu	107,9	6 %
851	Terveydenhuoltopalvelut	72,1	4 %
211	Massan, paperin ja kartongin valmistus	71,9	4 %
800	Koulutus	63,4	3 %
274	Muiden kuin rautametallien valmistus	45,2	2 %
853	Sosiaalipalvelut	43,0	2 %
553	Ravitsemistoiminta	42,8	2 %
452	Maa- ja vesirakentaminen	32,0	2 %
710	Liike-elämää palveleva toiminta	29,0	1 %
640	Posti- ja teleliikenne	19,9	1 %
750	Julkinen hallinto, maanpuolustus, pakollinen sosiaalivakuutus	18,0	1 %
551	Majoitustoiminta	15,1	1 %
	<b>Kotitalous- ja sekajätteet yhteensä</b>	<b>1 952</b>	<b>90 %</b>

Taulukko 11. Lietteitä tuottavat toimialat.

Toimiala		Määrä, 1000 t	Toimialan osuus jätteen kokonais- määrästä
211	Massan, paperin ja kartongin valmistus	1 066,2	47 %
2415	Lannoitteiden ja typpiyhdisteiden valmistus	225,2	10 %
274	Muiden kuin rautametallien valmistus	210,1	9 %
401	Sähkön tuotanto ja jakelu	200,2	9 %
241	Peruskemikaalien valmistus	141,8	6 %
271	Raudan, teräksen ja rautaseosten valmistus (ECSC-tuotteet)	117,5	5 %
	Kotitaloudet	68,7	3 %
	<b>Lietteet yhteensä</b>	<b>2 280</b>	<b>90 %</b>

Taulukko 12. Mineraalijätteitä tuottavat toimialat.

Toimiala		Määrä, 1000 t	Toimialan osuus jätteen kokonais- määrästä
452	Maa- ja vesirakentaminen	20 992	43 %
143	Kemiallisten mineraalien louhinta	11 347	23 %
145	Muiden tuotteiden kaivu ja louhinta	3 740	8 %
141	Kivenlouhinta	3 439	7 %
130	Metallimalmien louhinta poislukien uraani ja torium	2 768	6 %
2415	Lannoitteiden ja typpiyhdisteiden valmistus	1 438	3 %
274	Muiden kuin rautametallien valmistus	1 222	2 %
	<b>Mineraalijätteet yhteensä</b>	<b>49 120</b>	<b>90 %</b>

## Jätteiden hyödyntämisasteet jätelajeittain (15 jätettä) ja toimialoittain (150 toimialaa)

Hyödyntämisasteet, %		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Toimialan hyödyntämis- aste yhteensä
		Kemialliset jätteet	Metalli- jätteet	Lasijätteet	Paperi ja pahvi- jätteet	Muovi- ja kumi- jätteet	Puu- jätteet	Romaajo- neuvot	Elektro- niikka- romu	Eläin- ja kasvi- jätteet	Kotitalous- ja seka- jätteet	Lietteet	Mineraali- jätteet	Muut jätteet	
K TTL	Toimiala														
	<b>Jätteen hyödyntämisaste yhteensä</b>	<b>38 %</b>	<b>99 %</b>	<b>99 %</b>	<b>99 %</b>	<b>75 %</b>	<b>95 %</b>	<b>100 %</b>	<b>35 %</b>	<b>75 %</b>	<b>12 %</b>	<b>48 %</b>	<b>11 %</b>	<b>1 %</b>	<b>33 %</b>
0111	Kasvinviljely	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
0112	Puutarhatalous	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
0121	Varsinainen kotieläintalous	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
0125	Muu kotieläintalous	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
0211	Metsän kasvat	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
204	Puupakkausten valmistus	11 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	99 %
202	Vanerin ja muiden puulevyjen valmistus	14 %	100 %	100 %	91 %	75 %	99 %	0 %	18 %	16 %	13 %	78 %	51 %	6 %	99 %
201	Puun sahaus, höyläys ja kylästy	25 %	100 %	100 %	100 %	23 %	100 %	0 %	18 %	16 %	35 %	13 %	25 %	0 %	99 %
203	Rakennuspuusepäntuotteiden valmistus	36 %	100 %	100 %	100 %	74 %	99 %	0 %	18 %	1 %	16 %	13 %	52 %	0 %	97 %
361	Huonekalujen valmistus	18 %	100 %	100 %	100 %	77 %	99 %	0 %	18 %	16 %	25 %	13 %	3 %	6 %	92 %
158	Muu elintarvikkeiden valmistus	11 %	100 %	100 %	97 %	67 %	39 %	0 %	18 %	79 %	26 %	69 %	94 %	0 %	91 %
268	Muu ei-metallisten mineraalituotteiden valmistus	12 %	100 %	100 %	100 %	78 %	99 %	0 %	18 %	99 %	34 %	13 %	91 %	0 %	91 %
264	Tiilien ja muun rakennuskeramiikan valmistus	97 %	100 %	0 %	100 %	67 %	23 %	0 %	18 %	0 %	10 %	0 %	96 %	0 %	91 %
193	Jalkineiden valmistus	0 %	100 %	0 %	0 %	1 %	22 %	0 %	0 %	0 %	94 %	0 %	0 %	0 %	91 %
159	Juomien valmistus	96 %	100 %	100 %	100 %	69 %	37 %	0 %	18 %	99 %	68 %	37 %	84 %	0 %	89 %
211	Massan, paperin ja kartongin valmistus	55 %	100 %	100 %	98 %	95 %	99 %	0 %	22 %	99 %	55 %	74 %	38 %	19 %	89 %
156	Myllytuotteiden ja tärkkelyksen valmistus	11 %	100 %	100 %	100 %	100 %	56 %	0 %	18 %	94 %	34 %	41 %	96 %	0 %	88 %
403	Lämmön tuotanto ja jakelu	13 %	100 %	0 %	100 %	100 %	100 %	0 %	18 %	100 %	89 %	13 %	39 %	0 %	88 %
157	Eläinten ruokien valmistus	86 %	100 %	100 %	100 %	2 %	37 %	0 %	18 %	88 %	25 %	44 %	0 %	0 %	87 %
261	Lasin ja lasituotteiden valmistus	11 %	94 %	100 %	98 %	94 %	37 %	0 %	18 %	15 %	10 %	2 %	4 %	0 %	86 %
287	Muu metallituotteiden valmistus	31 %	100 %	0 %	100 %	67 %	22 %	0 %	18 %	16 %	32 %	50 %	53 %	0 %	82 %
272	Putkien valmistus	11 %	100 %	0 %	100 %	67 %	30 %	0 %	18 %	16 %	34 %	13 %	0 %	0 %	80 %
401	Sähkön tuotanto ja jakelu	29 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	0 %	18 %	97 %	95 %	97 %	43 %	100 %	78 %
364	Urheiluvälineiden valmistus	43 %	100 %	0 %	0 %	67 %	100 %	0 %	18 %	0 %	37 %	0 %	0 %	0 %	77 %
154	Kasvi- ja eläinöljyjen ja -rasvojen valmistus	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	0 %	0 %	18 %	78 %	13 %	72 %	55 %	0 %	76 %
151	Teurastus sekä lihanjalostus ja lihan säilyvyyskä	11 %	99 %	0 %	100 %	87 %	18 %	0 %	18 %	71 %	27 %	57 %	77 %	0 %	75 %
232	Öljytuotteiden ym. valmistus	77 %	100 %	100 %	100 %	67 %	0 %	0 %	18 %	16 %	17 %	10 %	73 %	0 %	74 %
155	Meijerituotteiden ja jäätelön valmistus	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	27 %	0 %	18 %	84 %	17 %	58 %	57 %	6 %	72 %
266	Betoni-, sementti- ja kipsituotteiden valmistus	10 %	100 %	0 %	100 %	71 %	28 %	0 %	18 %	17 %	12 %	26 %	71 %	6 %	71 %
247	Tekokuitujen valmistus	65 %	100 %	100 %	100 %	0 %	0 %	0 %	18 %	0 %	9 %	70 %	0 %	0 %	69 %
313	Eristettyjen johtimien ja kaapelin valmistus	11 %	100 %	0 %	100 %	95 %	100 %	0 %	18 %	16 %	37 %	13 %	55 %	0 %	68 %
212	Paperi- ja kartonkituotteiden valmistus	62 %	100 %	0 %	100 %	67 %	98 %	0 %	18 %	16 %	26 %	0 %	0 %	0 %	68 %
282	Metallisäiliöiden, keskuslämmityskattiloiden, -	95 %	100 %	0 %	100 %	67 %	22 %	0 %	18 %	0 %	37 %	13 %	55 %	0 %	65 %
286	Ruokailuvälineiden, työkalujen yms. metallituo	11 %	100 %	0 %	100 %	0 %	22 %	0 %	18 %	16 %	37 %	34 %	0 %	0 %	64 %
175	Muu tekstiilituotteiden valmistus	11 %	100 %	0 %	100 %	93 %	22 %	0 %	19 %	16 %	11 %	13 %	0 %	86 %	64 %
262	Keraamisten tuotteiden valmistus poislukien ei	11 %	100 %	0 %	100 %	0 %	22 %	0 %	18 %	0 %	35 %	99 %	62 %	0 %	63 %
252	Muovituotteiden valmistus	16 %	69 %	0 %	100 %	74 %	61 %	0 %	18 %	30 %	50 %	69 %	50 %	6 %	61 %
244	Lääkekemikaalien, -kasviuutteiden ja lääkintätu	22 %	100 %	93 %	100 %	68 %	19 %	0 %	18 %	29 %	47 %	89 %	55 %	6 %	61 %
275	Metallien valu	11 %	100 %	100 %	100 %	54 %	26 %	0 %	18 %	16 %	10 %	0 %	41 %	0 %	60 %
321	Elektronisten piirien ja muiden elektronisten os	32 %	100 %	100 %	100 %	72 %	73 %	0 %	18 %	84 %	29 %	13 %	0 %	0 %	60 %
152	Kalan ja kalatuotteiden jalostus ja säilöntä	11 %	100 %	100 %	89 %	100 %	22 %	0 %	18 %	49 %	30 %	25 %	0 %	0 %	59 %
153	Hedelmien, marjojen ja vihannesten jalostus ja	45 %	100 %	100 %	100 %	93 %	30 %	0 %	18 %	82 %	14 %	3 %	37 %	0 %	59 %
246	Muu kemiallisten tuotteiden valmistus	11 %	100 %	100 %	100 %	96 %	65 %	0 %	18 %	16 %	23 %	39 %	55 %	0 %	56 %
341	Autojen valmistus	8 %	100 %	100 %	100 %	100 %	67 %	0 %	18 %	69 %	53 %	13 %	55 %	0 %	56 %
285	Metallin työsti ja päällystäminen	18 %	100 %	0 %	100 %	97 %	40 %	0 %	18 %	6 %	16 %	15 %	58 %	6 %	54 %
245	Pesuaaineiden, kosmetiikka- ja toalettituotteide	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	22 %	0 %	18 %	16 %	48 %	13 %	55 %	0 %	53 %
182	Vaatteiden ja asusteiden valmistus	11 %	100 %	0 %	100 %	0 %	0 %	0 %	18 %	0 %	37 %	0 %	0 %	0 %	52 %
192	Laukujen, satuloiden yms. tuotteiden valmistu	0 %	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	6 %	52 %
221	Kustantaminen	11 %	100 %	100 %	100 %	0 %	0 %	0 %	18 %	16 %	37 %	0 %	0 %	0 %	52 %
284	Metallin takominen, puristaminen ja meistämir	11 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	52 %
293	Maa- ja metsätalouskoneiden valmistus	11 %	100 %	0 %	100 %	0 %	22 %	0 %	18 %	16 %	37 %	13 %	0 %	0 %	52 %
294	Työstökoneiden valmistus	11 %	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	18 %	0 %	37 %	0 %	0 %	0 %	52 %
316	Muu sähkölaitteiden valmistus	11 %	100 %	100 %	100 %	0 %	22 %	0 %	18 %	16 %	37 %	0 %	0 %	0 %	52 %
332	Mittaus-, tarkkailu- ja navigointilaitteiden yms.	11 %	100 %	0 %	100 %	0 %	22 %	0 %	18 %	0 %	37 %	13 %	0 %	0 %	52 %
333	Teollisuuden prosessinsäätölaitteiden valmistu	11 %	100 %	0 %	100 %	67 %	22 %	0 %	18 %	16 %	37 %	0 %	0 %	0 %	52 %
366	Muiden tuotteiden valmistus	11 %	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %	0 %	18 %	16 %	37 %	13 %	0 %	0 %	52 %
311	Sähkömoottorien, -generaattorien ja -muuntaji	11 %	100 %	100 %	100 %	100 %	36 %	0 %	18 %	16 %	24 %	0 %	55 %	0 %	52 %
222	Painaminen ja painamista palveleva toiminta	12 %	100 %	0 %	100 %	67 %	23 %	0 %	18 %	15 %	36 %	13 %	0 %	0 %	52 %
322	Televisio- ja radiolähettimien sekä lankapuhelir	11 %	100 %	0 %	100 %	0 %	22 %	0 %	18 %	0 %	21 %	13 %	0 %	0 %	52 %
173	Tekstiilien viimeistely	11 %	100 %	0 %	100 %	64 %	100 %	0 %	18 %	0 %	34 %	4 %	0 %	100 %	50 %
251	Kumituotteiden valmistus	89 %	100 %	0 %	100 %	37 %	22 %	0 %	73 %	70 %	20 %	0 %	55 %	0 %	50 %
351	Laivojen ja veneiden valm. ja korj.	11 %	99 %	100 %	76 %	67 %	32 %	0 %	18 %	14 %	17 %	4 %	67 %	0 %	48 %
296	Asuiden ja ammusten valmistus	11 %	100 %	0 %	100 %	0 %	0 %	0 %	18 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	47 %
281	Metallirakenteiden valmistus	64 %	38 %	0 %	76 %	67 %	21 %	0 %	18 %	4 %	25 %	77 %	55 %	0 %	46 %
141	Kivenlouhinta	11 %	100 %	0 %	100 %	67 %	0 %	0 %	18 %	0 %	13 %	1 %	45 %	0 %	45 %
243	Maalien, lakan, painovärien yms. valmistus	15 %	100 %	0 %	78 %	74 %	27 %	0 %	18 %	16 %	20 %	13 %	0 %	0 %	45 %
331	Lääkintäkojeiden, kirurgisten kojeiden sekä ort	11 %	100 %	0 %	100 %	0 %	0 %	0 %	18 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	44 %
292	Muu yleiskäyttöön tarkoitettujen koneiden valr	11 %	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	18 %	0 %	18 %	13 %	0 %	0 %	43 %
352	Raideliikenteen kulkuneuvojen valmistus ja kor	10 %	100 %	0 %	100 %	90 %	53 %	0 %	18 %	16 %	4 %	0 %	0 %	0 %	43 %
265	Sementin, kalkin ja kipsin valmistus	11 %	100 %	0 %	97 %	0 %	13 %	0 %	18 %	100 %	76 %	0 %	29 %	0 %	41 %

Hyödyntämistäseste, %		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Toimialan hyödyntämis- aste yhteensä
		Kemialliset jätteet	Metalli- jätteet	Lasijätteet	Paperi ja pahvi- jätteet	Muovi- ja kumi- jätteet	Puu- jätteet	Romuja- neuvot	Elektro- niikka- romu	Eläin- ja kasvi- jätteet	Kotitalous- ja seka- jätteet	Lietteet	Mineraali- jätteet	Muut jätteet	
KTTL	Toimiala														
295	Muu erikoiskoneiden valmistus	11 %	100 %	100 %	45 %	52 %	35 %	0 %	18 %	16 %	38 %	0 %	43 %	0 %	40 %
171	Tekstiilikuitujen valmistus	0 %	100 %	0 %	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	12 %	0 %	0 %	6 %	38 %
241	Peruskemikaalien valmistus	29 %	92 %	100 %	100 %	75 %	44 %	0 %	18 %	6 %	28 %	13 %	73 %	6 %	34 %
451	Talonrakentaminen	0 %	100 %	100 %	0 %	0 %	22 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	32 %
353	Ilma-alusten valmistus	5 %	100 %	100 %	100 %	67 %	22 %	0 %	18 %	16 %	25 %	13 %	55 %	0 %	31 %
	Kotitaloudet	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	22 %	100 %	18 %	16 %	7 %	13 %	55 %	6 %	30 %
291	Voimakoneiden valmistus poislukien lentokone	20 %	100 %	100 %	100 %	66 %	29 %	0 %	20 %	15 %	15 %	37 %	15 %	0 %	27 %
703	Muut kiinteistöalan palvelut	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	22 %	100 %	18 %	16 %	0 %	13 %	55 %	6 %	25 %
851	Terveydenhuoltopalvelut	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	22 %	100 %	18 %	16 %	0 %	13 %	55 %	6 %	25 %
500	Kauppa	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	22 %	100 %	18 %	16 %	0 %	13 %	55 %	6 %	25 %
602	Linja-auto, raitiotie- ja metrolin.	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	22 %	100 %	18 %	16 %	0 %	13 %	55 %	6 %	25 %
605	Putkijohdotukset	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	22 %	100 %	18 %	16 %	0 %	13 %	55 %	6 %	25 %
610	Vesiliikenne	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	22 %	100 %	18 %	16 %	0 %	13 %	55 %	6 %	25 %
650	Rahoitus- ja vakuutustoiminta	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	22 %	100 %	18 %	16 %	0 %	13 %	55 %	6 %	25 %
853	Sosiaalipalvelut	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	22 %	100 %	18 %	16 %	0 %	13 %	55 %	6 %	25 %
553	Ravintomistointi	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	22 %	100 %	18 %	16 %	0 %	13 %	55 %	6 %	25 %
601	Rautatieliikenne	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	22 %	100 %	18 %	16 %	0 %	13 %	55 %	6 %	25 %
604	Tieliikenteen tavarankuljetus	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	22 %	100 %	18 %	16 %	0 %	13 %	55 %	6 %	25 %
620	Ilmaliikenne	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	22 %	100 %	18 %	16 %	0 %	13 %	55 %	6 %	25 %
639	Muu liikennettä palveleva toiminta	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	22 %	100 %	18 %	16 %	0 %	13 %	55 %	6 %	25 %
640	Posti- ja teleliikenne	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	22 %	100 %	18 %	16 %	0 %	13 %	55 %	6 %	25 %
710	Liike-elämää palveleva toiminta	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	22 %	100 %	18 %	16 %	0 %	13 %	55 %	6 %	25 %
551	Majoitustoiminta	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	22 %	100 %	18 %	16 %	0 %	13 %	55 %	6 %	25 %
750	Julkinen hallinto, maanpuolustus, pakollinen so	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	22 %	100 %	18 %	16 %	0 %	13 %	55 %	6 %	25 %
910	Muut yhteiskunnalliset ja henkilökohtaiset palv	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	22 %	100 %	18 %	16 %	0 %	13 %	55 %	6 %	25 %
502	Moottoriajoneuvojen huolto ja korj.	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	22 %	100 %	18 %	16 %	0 %	13 %	55 %	6 %	25 %
603	Taksiiliikenne	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	22 %	100 %	18 %	16 %	0 %	13 %	55 %	6 %	25 %
631	Tien- ja radanpito	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	22 %	100 %	18 %	16 %	0 %	13 %	55 %	6 %	25 %
633	Matkatuomistot ja muu matkailua palveleva toi	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	22 %	100 %	18 %	16 %	0 %	13 %	55 %	6 %	25 %
800	Koulutus	11 %	100 %	100 %	100 %	67 %	22 %	100 %	18 %	16 %	0 %	13 %	55 %	6 %	25 %
274	Muiden kuin rautametallien valmistus	55 %	100 %	79 %	100 %	84 %	44 %	100 %	94 %	14 %	17 %	1 %	7 %	6 %	24 %
176	Trikooneulosten valmistus	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	8 %	23 %
183	Turkisten muokkaus; turkistuotteiden valmistu	6 %	100 %	0 %	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	2 %	9 %	0 %	0 %	21 %
283	Höyrykattiloiden valmistus poislukien keskusläi	0 %	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	20 %
271	Raudan, teräksen ja rautaseosten valmistus (EC	59 %	100 %	100 %	100 %	0 %	22 %	0 %	18 %	16 %	15 %	2 %	17 %	0 %	18 %
130	Metallimalmien louhintaa poislukien uraani ja to	11 %	100 %	0 %	100 %	67 %	33 %	0 %	18 %	16 %	5 %	13 %	16 %	0 %	16 %
143	Kemiallisten mineraalien louhinta	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	12 %	0 %	12 %
145	Muiden tuotteiden kaivu ja louhinta	12 %	100 %	0 %	100 %	67 %	0 %	0 %	18 %	0 %	20 %	13 %	12 %	6 %	12 %
174	Sovitetun tekstiilituotteiden valmistus poislu	11 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	18 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	7 %
267	Kivituotteiden valmistus	11 %	100 %	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %	18 %	0 %	0 %	13 %	7 %	0 %	7 %
191	Parkitseminen ja muu nahan valmistus	11 %	100 %	0 %	100 %	30 %	0 %	0 %	18 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	5 %
2415	Lannoitteiden ja typpiyhdisteiden valmistus	99 %	100 %	100 %	100 %	68 %	96 %	0 %	18 %	98 %	5 %	0 %	1 %	6 %	4 %
014	Maataloutta palveleva toiminta	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
015	Metsästys ja riistanhoito	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
0212	Puunkorjuu	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
0219	Muu metsätalous	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
050	Kalastus ja kalanviljely	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
100	Energiamineraalien kaivu	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
142	Hiekan ja saven otto	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
172	Kankaiden kudonta	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
177	Neuletuotteiden valmistus	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
181	Nahkavaatteiden valmistus	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
205	Muiden puutuotteiden sekä korkki- ja punonta	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
223	Ääni-, kuva- ja atk-tallenteiden jäljentäminen	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
242	Torjunta-aineiden ja muiden maatalouskemika	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
263	Keraamisten laattojen valmistus	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
273	Muu raudan ja teräksen jalostus sekä rautaseo	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
297	Mualla luokittelemattomien kodinkoneiden va	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
300	Konttori- ja tietokoneiden valmistus	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
312	Sähkönjakelu- ja -tarkkailulaitteiden valmistus	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
314	Akkujen ja paristojen valmistus	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
315	Valaistuslaitteiden ja sähkölampujen valmistu	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
323	Televisio- ja radiovastaanottimien, äänen- ja ku	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
334	Optiikka- ja valokuvausvälineiden valmistus	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
335	Kellojen valmistus	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
342	Autonkorien ja perävaunujen valmistus	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
343	Autonosien ja -moottorien osien valmistus	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
354	Moottori- ja polkupyörien valmistus	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
355	Muiden kulkuneuvojen valmistus	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
362	Kultasepätuotteiden ja kolkoiden valmistus	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
363	Soitinten valmistus	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
365	Pelien ja leikkikalujen valmistus	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
371	Metallijätteiden ja -romun kierrätys	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
372	Muiden jätteiden ja romujen kierrätys	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
402	Kaasun tuotanto ja jakelu	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
410	Veden puhdistus ja jakelu	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
452	Maa- ja vesirakentaminen	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
459	Rakennuspalvelutoiminta	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
7021	Asuntojen omistus ja vuokraus	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
9001	Viemäri- ja jätevesihuolto	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
9002	Jätehuolto ja muu ympäristön hoito	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %

## KUVAILEHTI

Julkaisija	Ympäristöministeriö Ympäristönsuojeluosasto	Julkaisuaika Tammikuu 2011
Tekijä(t)	Tuomas Mattila, Tuuli Myllymaa, Jyri Seppälä ja Ilmo Mäenpää	
Julkaisun nimi	<b>Materiaalitehokkuuden parantamisen ja jätteiden vähentämisen ympäristöinnovaatioiden tarpeet</b>	
Julkaisusarjan nimi ja numero	Ympäristöministeriön raportteja 3/2011	
Julkaisun teema		
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut		
Tiivistelmä	<p>Suomessa materiaalinkulutus ja jätemäärät on kansainvälisesti verrattuna korkealla tasolla. Tässä työssä tutkittiin jätteesynnyn ja materiaalinkulutuksen kansantaloudellisia syy-seuraussuhteita ympäristölaajennetun panos-tuotos mallin (ENVIMAT) avulla ja arvioitiin innovaatioiden tärkeimpiä kohdentamisalueita materiaalitehokkuuden lisäämisen kannalta.</p> <p>Tulosten perusteella suurin osa materiaalinkulutuksesta aiheutuu tuotteiden valmistuksesta vientiin sekä infrastruktuurin ylläpidosta. Suurin osa materiaalinkulutuksesta on rakentamisen maa-aineksia, kaivosteollisuuden sivukiviä sekä puuta. Materiaalinkulutus heijastuu jätteiden syntyyn. Suurin osa jätteestä on mineraali- ja puujätteitä. Puujätteet hyödynnetään pääosin energiaksi, mutta mineraalijätteitä menetetään kaatopaikoille. Kaatopaikkajätteitä eniten aiheuttavia toimialoja ovat maa- ja vesirakentaminen sekä kemiallisten mineraalien, kivien ja metallimalmien louhinta ja lannoitteiden valmistus. Kokonaisjätemäärät ovat pääosin seurausta vientituotteiden valmistuksesta (6 000 kg/vuosi/hlö) ja infrastruktuurista (4 000 kg/vuosi/hlö). Kotitaloudet aiheuttavat suoran jätemääränsä (200 kg/vuosi/hlö) lisäksi välillistä jätettä kulutushyödykkeiden valmistuksessa (2 000 kg/vuosi/hlö).</p> <p>Työssä laskettiin avaintoimialoille elinkaariset jätteenkertymät (ns. jätejalanjäljet), jotka vaihtelivat toimialasta riippuen välillä 80–22 000 g/€ tuotetta. Useimmille toimialoille elinkaarinen näkökulma jätteisiin on uutta, ja toiminta on keskittynyt omien jätteiden hallintaan. Kyselyn perusteella vaikeasti hyödynnettäviä jätteitä ovat edelleen kaivosteollisuuden ja maarakentamisen massat, eloperäiset jakeet, korjausrakentamisen sekajäte, sekä erilaiset sakat kuonat ja lietteet.</p> <p>Materiaalitehokkuutta arvioitiin myös rinnan ilmastovaikutusten kanssa. Toimialoja, joilla tehostamistoimet pienentävät yhtäaikaaisesti sekä jätemääriä että ilmastovaikutuksia, ovat meijerituotteiden valmistus, teurastus, kotieläintalous, talonrakentaminen ja maa- ja vesirakentaminen. Toimialakohtaisten tehostamisen lisäksi materiaalinkulutuksen merkittävään vähentämiseen tarvitaan järjestelmätason muutoksia. Nämä tunnistetut tekijät muodostavat keskeisen innovaatiotarpeen materiaalitehokkuuden parantamiseksi.</p>	
Asiasanat	jätteet, luonnonvarat, ympäristötilinpito, taloudelliset mallit, kansantalouden tilinpito	
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Ympäristöministeriö	
	ISBN 978-952-11-3837-9 (PDF)	ISSN 1796-170X (verkoj.)
	Sivuja 61	Kieli suomi
		Luottamuksellisuus julkinen
Julkaisun myynti/ jakaja	<a href="http://www.ymparisto.fi">www.ymparisto.fi</a> > Ympäristöministeriö > Julkaisut > Ympäristöministeriön raportteja -sarja	
Julkaisun kustantaja	Ympäristöministeriö	
Painopaikka ja -aika	Helsinki 2011	

## PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Miljöministeriet Miljövårdsavdelningen	Datum Januari 2011
Författare	Tuomas Mattila, Tuuli Myllymaa, Jyri Seppälä och Ilmo Mäenpää	
Publikationens titel	<b>Materiaalitehokkuuden parantamisen ja jätteiden vähentämisen ympäristöinnovaatioiden tarpeet</b> (Förbättring av materialeffektivitet och behovet av miljöinnovationer för minskning av avfall)	
Publikationsserie och nummer	Miljöministeriets rapporter 3/2011	
Publikationens tema		
Publikationens delar/andra publikationer inom samma projekt		
Sammandrag	<p>Internationellt sett är den materiella förbrukningen och mängden avfall på en hög nivå i Finland. I detta arbete undersöktes uppkomsten av avfallet och den materiella konsumtionens nationalekonomiska orsaks- och konsekvenssamband med hjälp av ENVIMAT-modellen (input-output) och man utvärderade de viktigaste innovationsområdena för att öka materialeffektiviteten.</p> <p>Resultaten visar att största delen av den materiella konsumtionen orsakas av produkters framställning och frakt samt av upprätthållande av infrastrukturen. Största delen består av jordmaterial från byggande, gruvindustrins biprodukter samt trä. Materialkonsumtionen återspeglas i produktionen av avfall. Största delen av avfallet består av mineral- och träavfall. Träavfallet blir oftast energi medan mineralavfallet hanteras på avstjälningsplatser. Avstjälningsplatsernas största avfallsmängd kommer från byggandet på land och vatten samt från kemiska mineraler, sten- och metallmalmgruvor och tillverkning av konstgödsel. Den sammanlagda avfallsmängden är en konsekvens av tillverkning av exportprodukter (6 000 kg/år/person) och infrastruktur (4 000 kg/år/person). Hushållen producerar förutom sitt direkta avfall (200 kg/år/person) också annat avfall som en biprodukt av tillverkningen av konsumtionsvaror (2 000 kg/år/person).</p> <p>I arbetet räknades också nyckelbranschernas avfall för produkternas livstid (de så kallade avfallsspåren) som varierade mellan 80–22 000 g/€ produkt. Ett livstidsperspektiv på avfallet är nytt för de flesta branscher och hittills har man koncentrerat sig på att ta hand om det egna avfallet. Enligt enkäten är gruvindustrins och byggnadsindustrins massor, organiska avfall, blandavfall från renovering, samt olika typer av slagg, sediment och slam fortfarande de som är svårast att återvinna.</p> <p>Materialeffektiviteten bedömdes också jämsides med klimatförändringarna. Branscher där effektiviseringsåtgärder minskar mängden avfall och konsekvenserna för klimatet är framställningen av mejeriprodukter, slakt, djurhållning, husbyggen och byggandet på land och i vatten. För att branschvis kunna effektivisera materialkonsumtionen behövs förändringar på systemnivå. Dessa identifierade faktorer skapar ett centralt behov av innovationer för att effektivisera materialförbrukningen.</p>	
Nyckelord	avfall, naturresurser, miljöredovisning, ekonomiska modeller, nationalekonomisk redovisning	
Finansiär/uppdragsgivare	Miljöministeriet	
	ISBN 978-952-11-3837-9 (PDF)	ISSN 1796-170X (online)
	Sidantal 61	Språk Finska
		Offentlighet Offentlig
Beställningar/distribution	<a href="http://www.ymparisto.fi">www.ymparisto.fi</a> > Ympäristöministeriö > Julkaisut > Ympäristöministeriön raportteja -sarja	
Förläggare	Miljöministeriet	
Tryckeri/tryckningsort och -år	Helsingfors 2011	

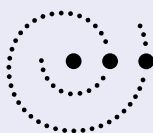
## DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Ministry of the Environment Environmental Protection Department	<i>Date</i> January 2011
<i>Author(s)</i>	Tuomas Mattila, Tuuli Myllymaa, Jyri Seppälä and Ilmo Mäenpää	
<i>Title of publication</i>	<b>Materiaalitehokkuuden parantamisen ja jätteen vähentämisen ympäristöinnovaatioiden tarpeet</b> (Identifying the eco-innovations needed for material efficiency and waste reduction)	
<i>Publication series and number</i>	Reports of the Ministry of the Environment 3/2011	
<i>Theme of publication</i>		
<i>Parts of publication/ other project publications</i>		
<i>Abstract</i>	<p>On the international scale, Finland has a high level of material use and waste production. This study focused on the macroeconomic causalities of waste production and material use. An environmentally extended input-output model (EEIO: ENVIMAT) was used to identify innovation targets for material efficiency.</p> <p>According to the results of this study, a large part of the material use is linked to the production of exports and maintenance of infrastructure. Most of the material used is excavated soil from construction work, waste rock from mining industries, and wood. Material use is reflected in the amount of waste produced. The largest categories of waste are mineral and wood waste. Wood is mainly used as an energy source, while mineral wastes end up in landfills. The industries which produce the greatest amounts of landfilled waste are civil engineering, extraction of chemicals and metals, rock quarrying and fertilizer production. The overall waste production is dominated by the production of exports (6,000 kg/y per capita) and infrastructure investments (4,000 kg/y per capita). Households produce waste both directly (200 kg/y per capita) and indirectly through consumer goods (2,000 kg/y per capita).</p> <p>The waste footprint, i.e. the waste produced over the life cycle of the supply chain, was calculated for certain key sectors. The waste footprints ranged between 80–22,000 g/euro of product. For most industries, taking the life cycle of waste generation into account offered a new perspective, as operations have focused on directly controlling waste. According to a survey of the industries, there are difficulties in utilizing excavated soil and waste rock from civil engineering and mining activities, bio-based process waste, mixed waste from renovation work, and different slurries and precipitates. Material efficiency was assessed together with climate impacts. Industries where improvements in material efficiency would simultaneously control waste production and climate impacts were found to be dairies, slaughterhouses, animal husbandry, construction and civil engineering. Sector-specific measures are not sufficient for reducing material consumption; therefore, system-level innovations are needed to supplement them. The factors that were identified are the main targets for innovation for improving material efficiency on the macro level.</p>	
<i>Keywords</i>	waste, natural resources, environmental accounting, economic models, national system of accounts	
<i>Financier/ commissioner</i>	Ministry of the Environment	
	ISBN 978-952-11-3837-9 (PDF)	ISSN 1796-170X (online)
	No. of pages 61	Language Finnish
		Restrictions For public use
<i>For sale at/ distributor</i>	<a href="http://www.ymparisto.fi">www.ymparisto.fi</a> > Ympäristöministeriö > Julkaisut > Ympäristöministeriön raportteja -sarja	
<i>Financier of publication</i>	Ministry of the Environment	
<i>Printing place and year</i>	Helsinki 2011	

Suomen materiaalinkulutus ja jätteen synty ovat kansainvälisesti korkealla tasolla. Tässä työssä perehdytään materiaalivirtojen taloudellisiin syy-seuraussuhteisiin ENVIMAT-mallin avulla. Tarkastelussa on ennen kaikkea vientiteollisuuden ja kotimaisen kulutuksen jätemäärät ja materiaalinkulutus.

Työssä tunnistettiin keskeisiä tekijöitä, joiden avulla jätemääriä voidaan vähentää samalla ilmastonmuutosta hilliten. Tarkastelussa sovellettiin uutta jätejalanjälki-indikaattoria, joka kuvaa tuotteen elinkaaren aikana kaatopaikalle menetettyjä materiaalivirtoja. Tulosten perusteella kotitalouksilla on huomattava jätejalanjälki, joka aiheutuu kulutushyödykkeiden valmistuksesta ja infrastruktuurin ylläpidosta. Kuluttajaneuvonnan lisäksi jätejalanjälki tuo uutta näkökulmaa teollisuuden materiaalivirtojen hallintaan ja tuotesuunnitteluun.

Raportissa tarkastellaan kokonaisvaltaisesti Suomen materiaalinkulutusta ja jätemääriä, sekä etsitään kohteita ympäristöinnovaatioille. Raportin lukuisat kuvat ja taulukot havainnollistavat materiaalinkäyttöä ja jätemääriä ja muodostavat kattavan tietopohjan aiheeseen.



YMPÄRISTÖMINISTERIÖ  
MILJÖMINISTERIET  
MINISTRY OF THE ENVIRONMENT